

RECYKLACE TERMOPLASTŮ, TERMOSETŮ A PRYŽÍ

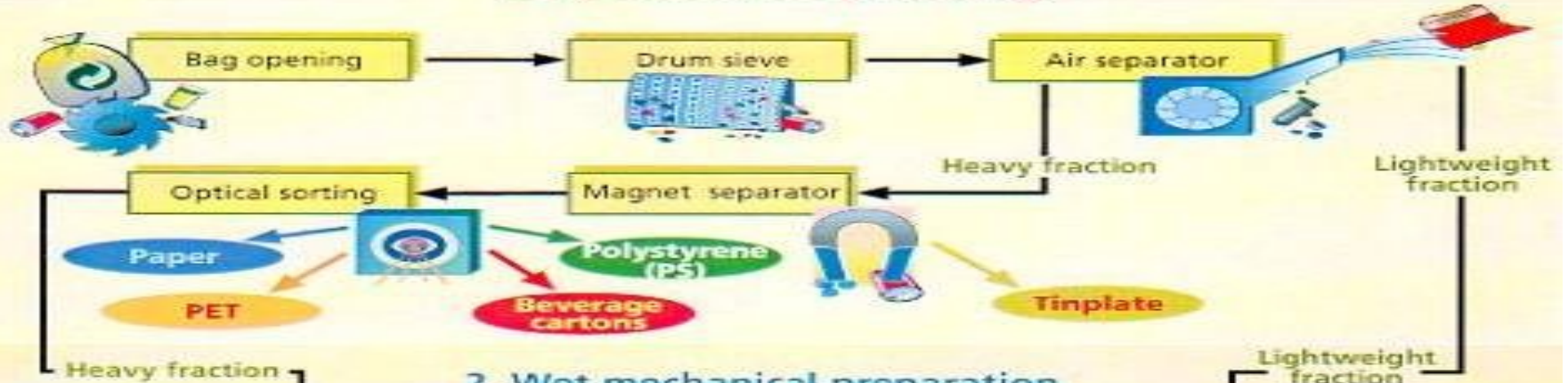
RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

pospisil@polymer.cz

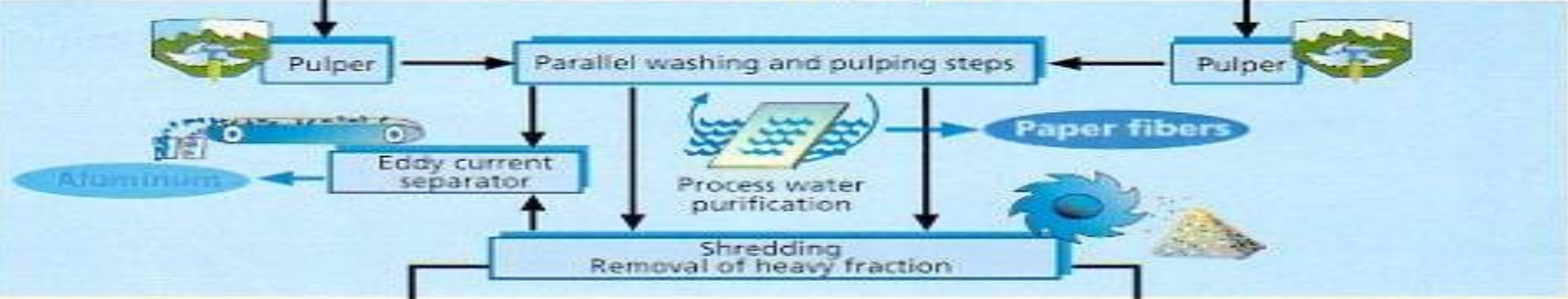
Časový plán

1	1. 10.	Úvod do předmětu, legislativa a názvosloví, anglická terminologie, literatura.
2	8.10.	Sběr, identifikace třídění odpadu. Operace na mokré a na suché cestě.
4	15.10.	Zpracovatelské technologie v tavenině. Aditiva pro recykláty.
5	22.10.	Recyklace termoplastů. Recyklace PET.
6	29.10.	Recyklace termosetů.
7	5.11.	Recyklace vulkanizátů.
8	12.11.	Chemická recyklace.
9	19.11.	Metody termického rozkladu. Energetické využití.
10	26.11.	Problémy a perspektivy recyklace a likvidace polymerního odpadu.
11	3.12.	Recyklace versus biodegradace
12	10.12.	Praktické příklady z literatury a praxe I
13	17.12.	EXKURZE I (PETKA CZ)
14	Leden	EXKURZE II (SPALOVNA BRNO) – PODLE ZÁJMU & možností
15	Leden	EXKURZE II (SVITAP) – PODLE ZÁJMU & možností

1. Dry mechanical presorting



2. Wet mechanical preparation



3. Plastics processing



1. Dry mechanical presorting

Drum sieve – bubnové síto



Tinplate – pocínovaný plech („bílý plech“) > konzervy > získávání cínu

Co schéma nezahrnuje, ale je důležité?

- **Sběr**
- **Svoz**
- **Financování**
- **Předtřídění**
- **Manipulaci**

Proto se budeme NAPŘED věnovat tomu

**Není to věda, ale bez toho recyklace
nejde dělat**

Recyklační symboly



**Výrobek (obal)
je možno
recyklovat**



**Značka ZELENÝ BOD je
ochrannou známkou. Označení
obalu značkou ZELENÝ BOD
znamená, že za tento obal byl
uhrazen finanční příspěvek
organizaci zajišťující zpětný odběr
a využití obalového odpadu v
souladu se Směrnicí ES 94/62.**

ČSN 770053 – Pokyny a informace o nakládání s použitým obalem

Tento obal má být odložen v souladu s předpisy pro nakládání s komunálním odpadem a místním systémem pro oddělené shromažďování, třídění a předávání odpadu k využití



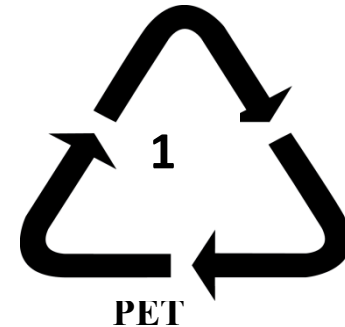
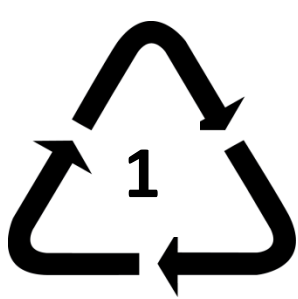
ČSN 77 0052-2 – Identifikační značení obalů pro následné využití odpadu z obalů

Identifikační kódy - Plasty

Materiál	Písmenný kód	Číselný kód
Polyethylentereftalát	PET	1
Vysokohustotní (lineární) polyetylén	HDPE	2
Polyvinylchlorid	PVC	3
Nízkohustotní (rozvětvený) polyetylén	LDPE	4
Polypropylén	PP	5
Polystyren	PS	6
Ostatní		7

ČSN 77 0052-2 – Identifikační značení obalů pro následné využití odpadu z obalů

Identifikační kódy - Plasty



NEPŘÍPUSTNÉ ZNAČENÍ

1

PET

Trochu terminologie nemůže uškodit

Česky	anglicky
Sběr na pevně daném místě	Fixed site collection
Sběr, když lidé dají odpad na chodník u domu	Kerbside collection
Parkování u chodníku	Kerbside parking
Cílený sběr odpadních plastů (obvykle jen jednoho druhu)	Targeted collection of plastic waste

Zálohování nebo dobrovolnost?

Zálohování

Klady

- Motivace lidí k odevzdávání obalů
- Peníze do recyklačního systému
- Omezení nesmyslného zboží v obalech (pitná voda)
-

Zápory

- Zdražení zboží
- Finanční náročnost
- Snahy o podvádění
-

Dobrovolnost

Klady

- Bez zdražení zboží
- Finanční NEnáročnost
- BEZ snahy o podvádění
-

Zápory

- Menší výtěžnost
- Motivaci lidí je nutno stále posilovat (**je-li sběrné místo > 200 m od domu, ochota třídit prudce klesá**)
- Podpora nesmyslného zboží v obalech (pitná voda)

System v městě Brně

Podzemní kontejnery

Zatím jen dvě místa

(Moravské náměstí,
Obilní trh)

- Sklo
- PET láhve
- Papír

VÝHODA

Nehyzdí okolí

NEVÝHODA

Finančně náročné

NADzemní kontejnery

Po celém městě

- Sklo
- PET láhve
- papír

VÝHODA

Finančně Nenáročné

NEVÝHODA

Vandalismus

Ve středu města

neestetické

Sběr - tady to začíná a bez toho to nejde



Konteiner MGB 2,5 - 5,0 m³



Boxy z pletiva, od 3m³ až 8,5 m³ pro PE-folie, kartonáž nebo papír

V Brně se používá na PET láhve na recyklačních dvorech

V Brně se používá na PET láhve u obchodů

Co preferuji já?

1. Dobrovolnost
2. Výchova
3. Propagace a osvěta
4. Finanční zainteresovanost měst a obcí (většinou už funguje)
5. Logistické propracování systému sběru
6.

Co proto dělám?

- **Sbírám PET láhve, papír, plechovky od piva, sklo z celého domu**
- **Odvážím to na recyklační dvůr**

Všechno stojí peníze

- Odevzdávání odpadů na sběrných dvorech je v Brně financováno z „poplatků za popelnici“ (platí každá fyzická osoba hlášená k trvalému pobytu – studenti na kolejích neplatí nic)
- Při svozu PET lahví se „vozí vzduch“!
- Vozy s lisovacím zařízením – řešení u komunálního směsného odpadu
- Lokální místa shromažďování – obvykle „Technické služby“ měst a obcí
- Jaká je další cesta k recyklaci?

Obecný příklad třídící linky – uvidíte na exkurzích

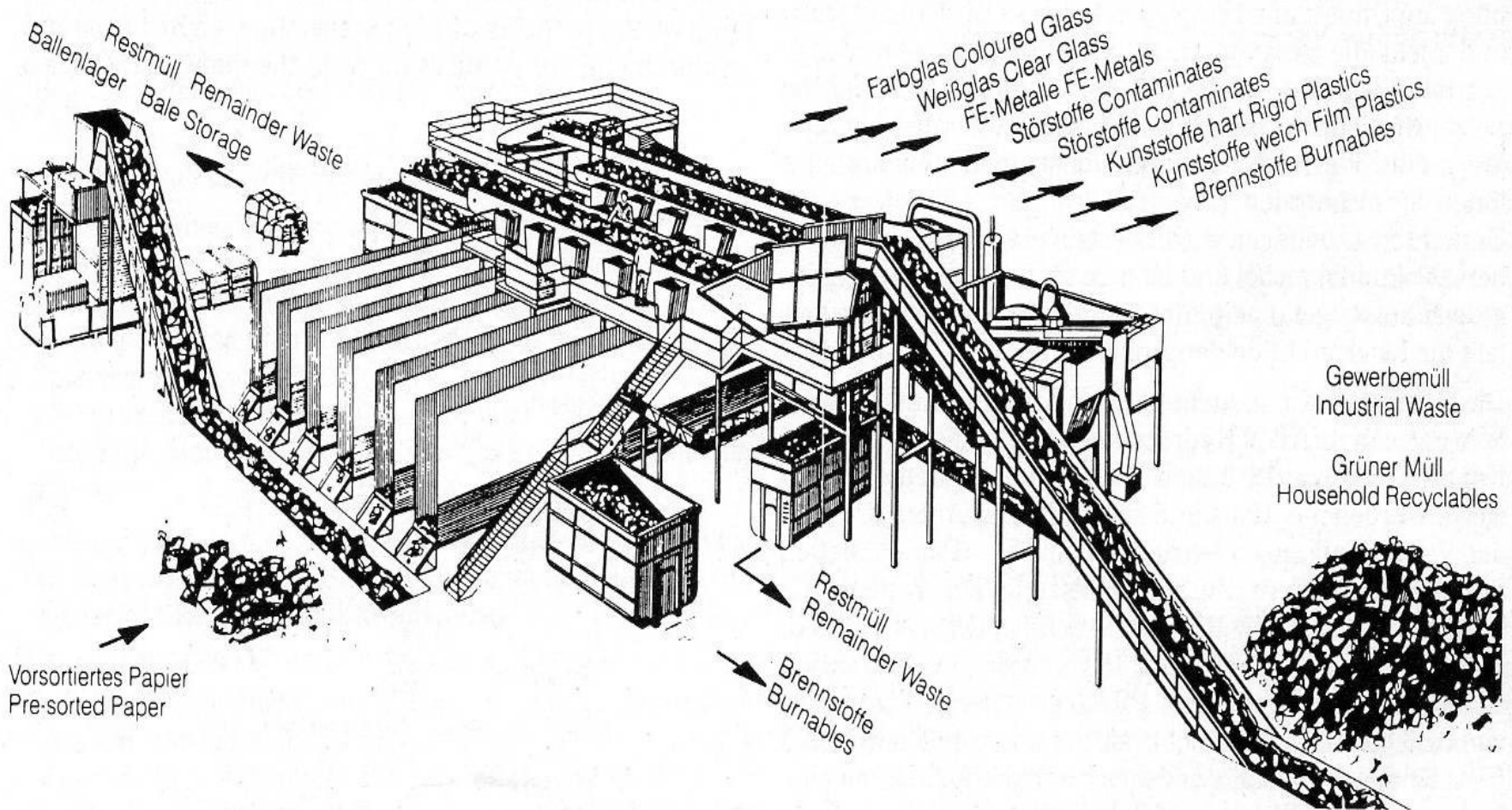


Bild 5: Sortieranlage für „Grüne Tonne“ und Industrieabfälle

Fig. 5: Sorting plant for “green (dust)bins” and industrial waste

Příklad PET lahví



Předtřídění (ruční) na bezbarvé, modré, zelené a barevnou směs (*Colour Mix*)

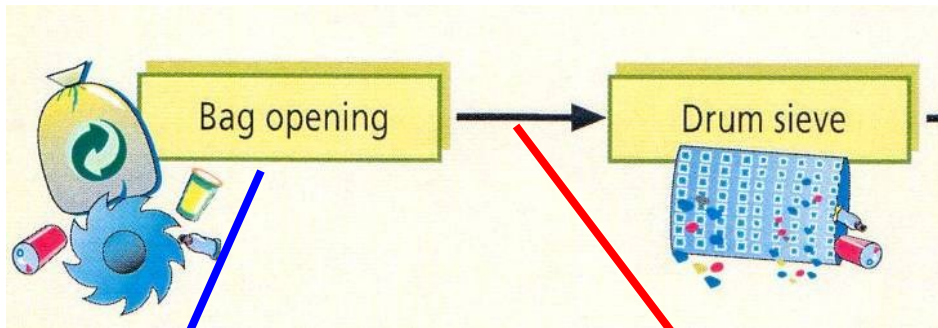
Lisování do balíků o objemu 1 m³

(uvidíte na exkurzi)

Problematika lisovacího tlaku:

- Nízký > „vozíme vzduch“
- Vysoký > obtížné rozdrůžování pro dotřídování a mletí

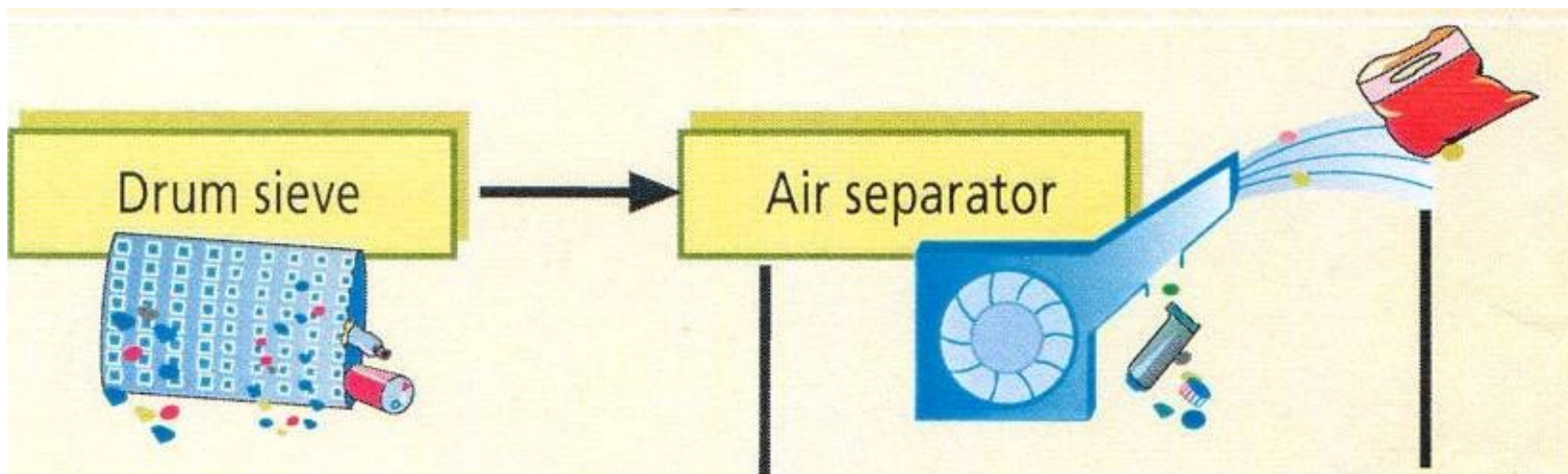
Ted' jsme vstoupili na recyklační linku



OBECNĚ:
rozdružování
dodané suroviny
(např. slisovaných
balíků PET lahví)

Ruční třídění stále dominuje!

Kam jsme postoupili na recyklační lince

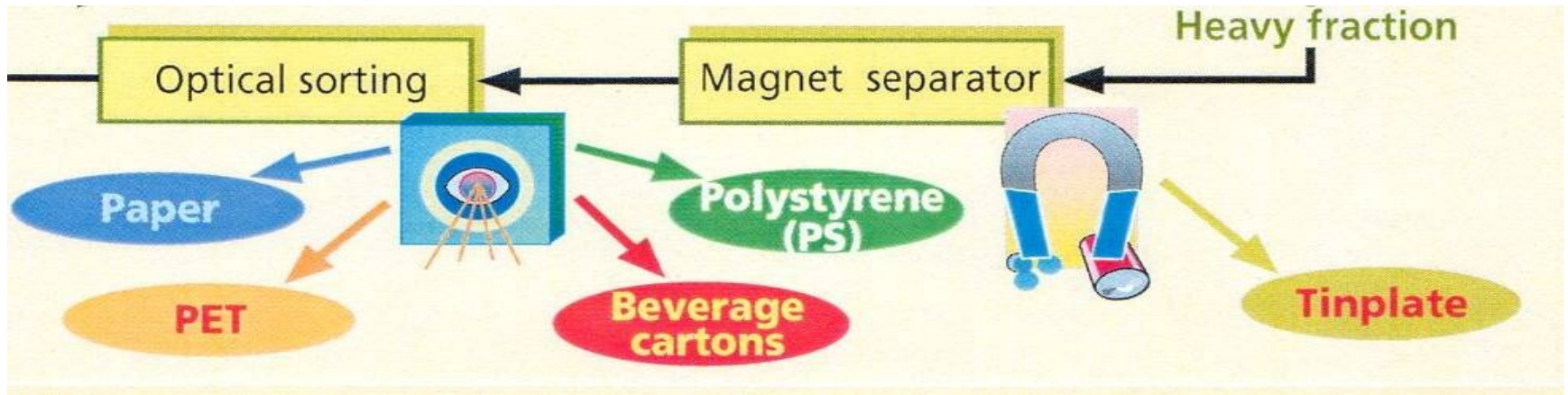


Bubnové síto (často nahrazováno levnějším šikmým roštem):
Propad drobných nečistot o velké hustotě, např. písek a šterk, kusy cihel atd.

Vzduchový odlučovač (často bývá vynechán):
Slangový výraz „Odpapírkovač“
Odloučení typu papíry, plastové či kovové fólie.

Tyto kroky produkují obvykle těžko nevyužitelný odpad, snad jen spálit

Kam jsme postoupili na recyklační lince



Tinplate – pocínovaný plech

Beverage cartons – krabice od nealkoholických nápojů (např. tetrapack od džusů)

Jak odstranit kovy?

- **Feromagnetické**

- **Silný permanentní magnet či elektromagnet**

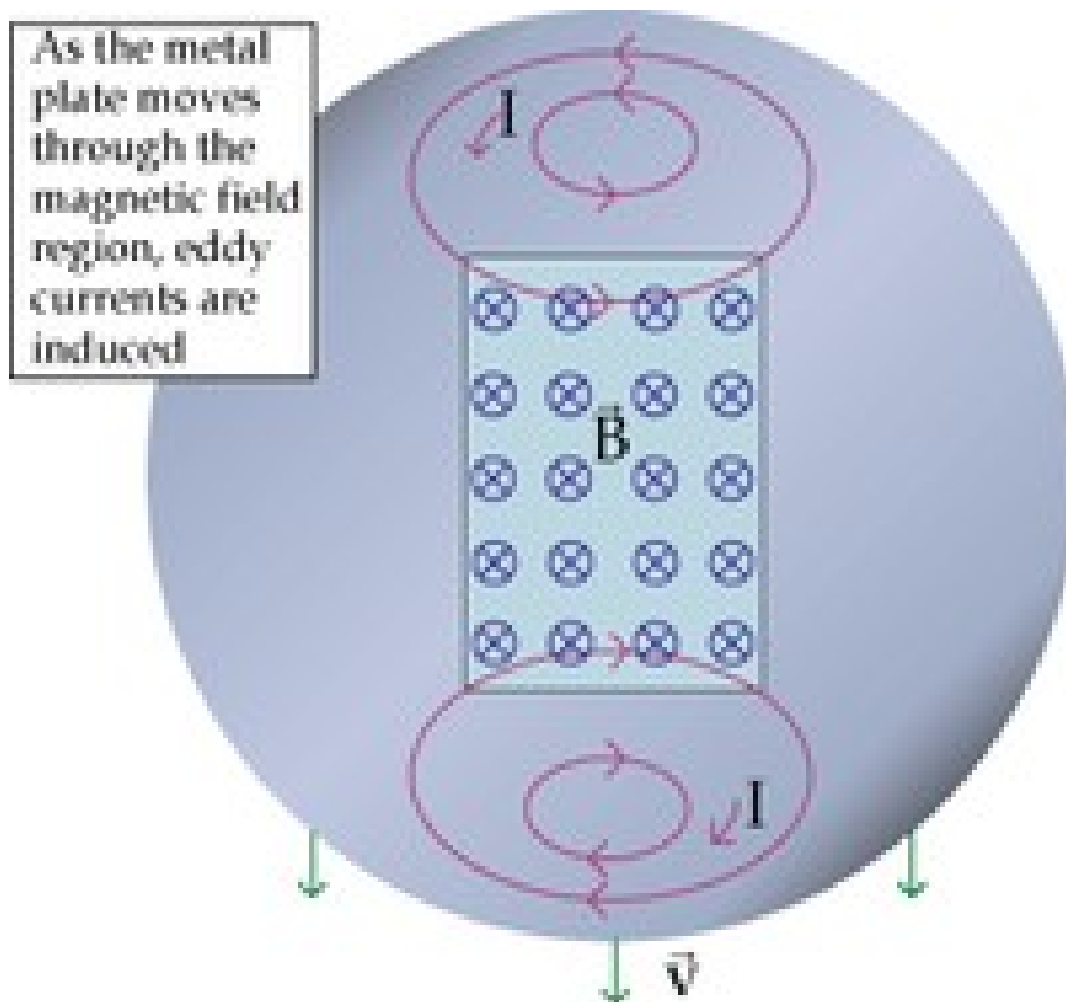
- **Výhody a nevýhody obou řešení?**

- **Problém nerezového materiálu – proč?**

- **Neferomagnetické**

- **Obecně méně nebezpečné pro recyklační zařízení, ale stejně nebezpečné pro recyklát – proč? Co s nimi?**

Neferomagnetické kovy?



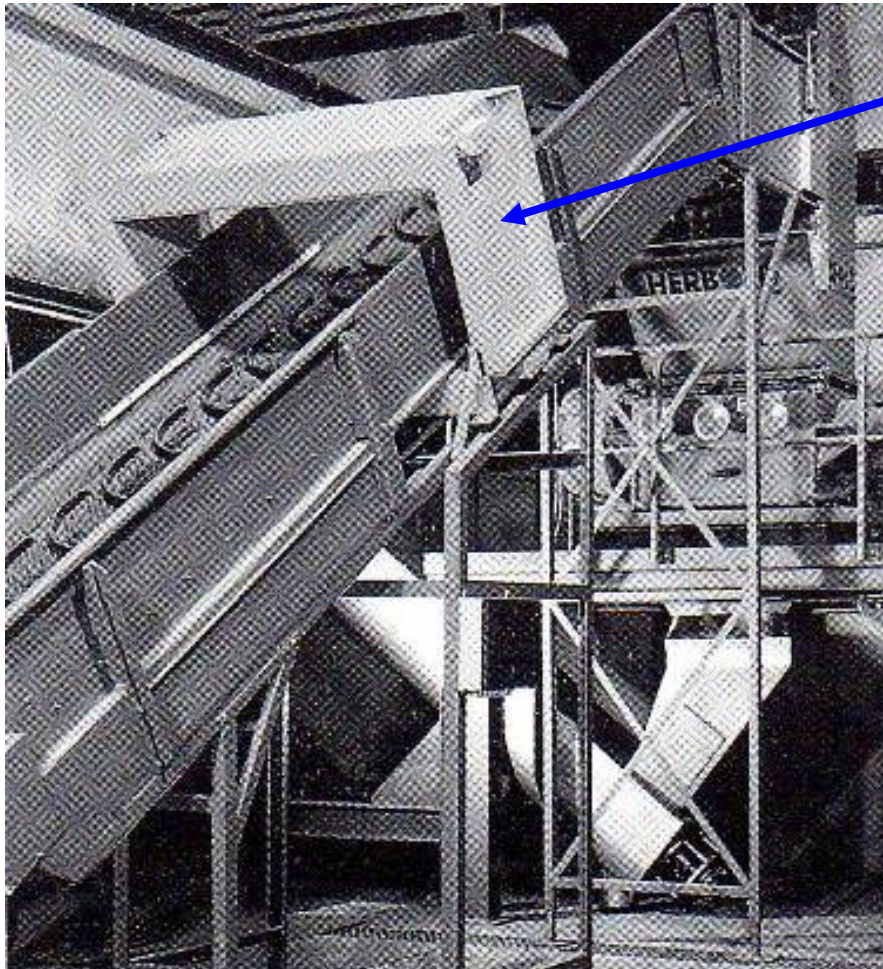
Vířivé proudy
(anglicky **EDDY CURRENT**)

PROVEDENÍ:
Rám okolo
transportního
pásu, kde
průchod kovu
vyvolá signál

PROBLÉM:

- Naladění
citlivosti
- Pokovené
etikety

Detektor kovů na bázi vířivých proudů – příklad provedení



Rám okolo
transportního pásu,
kde průchod kovu
vyvolá signál

Vířivé proudy – kde lze získat více poučení?

Vířivý proud

Z Wikipedie, otevřené encyklopedie

- (Vířivý proud je [elektrický proud](#) vznikající v [plošných](#) a [objemových vodičích](#), když se v jejich okolí mění [magnetický indukční tok](#). Indukované proudy mají v takových případech charakter proudových smyček.
- Důsledky jsou stejné jako u každého indukovaného proudu, snaží se svým polem zabránit změně, která je vyvolala. Zeslabují tak budící [magnetický tok](#). Největší zeslabení nastane uprostřed průřezu, protože ten obepínají všechny indukované [proudy](#).
- Vířivé proudy objevil [Léon Foucault](#) v roce [1851](#).

An **eddy current** (also known as **Foucault current**) is an [electrical](#) phenomenon discovered by [French physicist Léon Foucault](#) in 1851. It is caused when a [conductor](#) is exposed to a changing [magnetic field](#) due to relative motion of the field source and conductor; or due to variations of the field with time. This can cause a circulating flow of [electrons](#), or a [current](#), within the body of the conductor. These circulating [eddies](#) of current create induced magnetic fields that oppose the change of the original magnetic field due to [Lenz's law](#), causing repulsive or drag forces between the conductor and the magnet. The stronger the applied magnetic field, or the greater the [electrical conductivity](#) of the conductor, or the faster the field that the conductor is exposed to changes, then the greater the currents that are developed and the greater the opposing field.

Třídění na optickém principu

Barva materiálu

- **Třídění před drcením**
 - **Ruční - asi nejlevnější, ale vliv zainteresovanosti obsluhy!**
 - **Přístrojové (odražený paprsek nebo videokamera)**
 - **neunaví se, ale dražší**

Barva materiálu – příklad (HAMOS Sea Pixel)

In the **SEA PIXEL** opto-electronic sorter, bulk material with colour contamination is introduced to the optical separation unit via different parallel channels. Each individual particle is illuminated and controlled by several **camera systems** over its entire surface for possible colour deviations. The electrical signal that is characteristic for each colour is processed via a computer system. The good quality product corresponding to the programmed colour and quality criteria falls into the good material container. Should however a particle be indentified as having the "wrong" colour, it is ejected very quickly by being blown out through a fast reacting high precision pneumatic impulse valve. The low loss in good material that arises can be minimized, if required, with a second sorting stage integrated within the equipment.

Barva materiálu – třídění už podrceného materiálu

Firma HAMOS

- Částice > 2 mm
- Aglomeráty které mohou být rozdruženy v individuální částice
- Homogenní distribuce velikosti částic (to nelze úplně zajistit)
- Materiál bez prachu (to nelze úplně zajistit)

Firma MOGENSEN

- Částice 3 – 12 mm
- Možnost třidit i nedrcené láhve

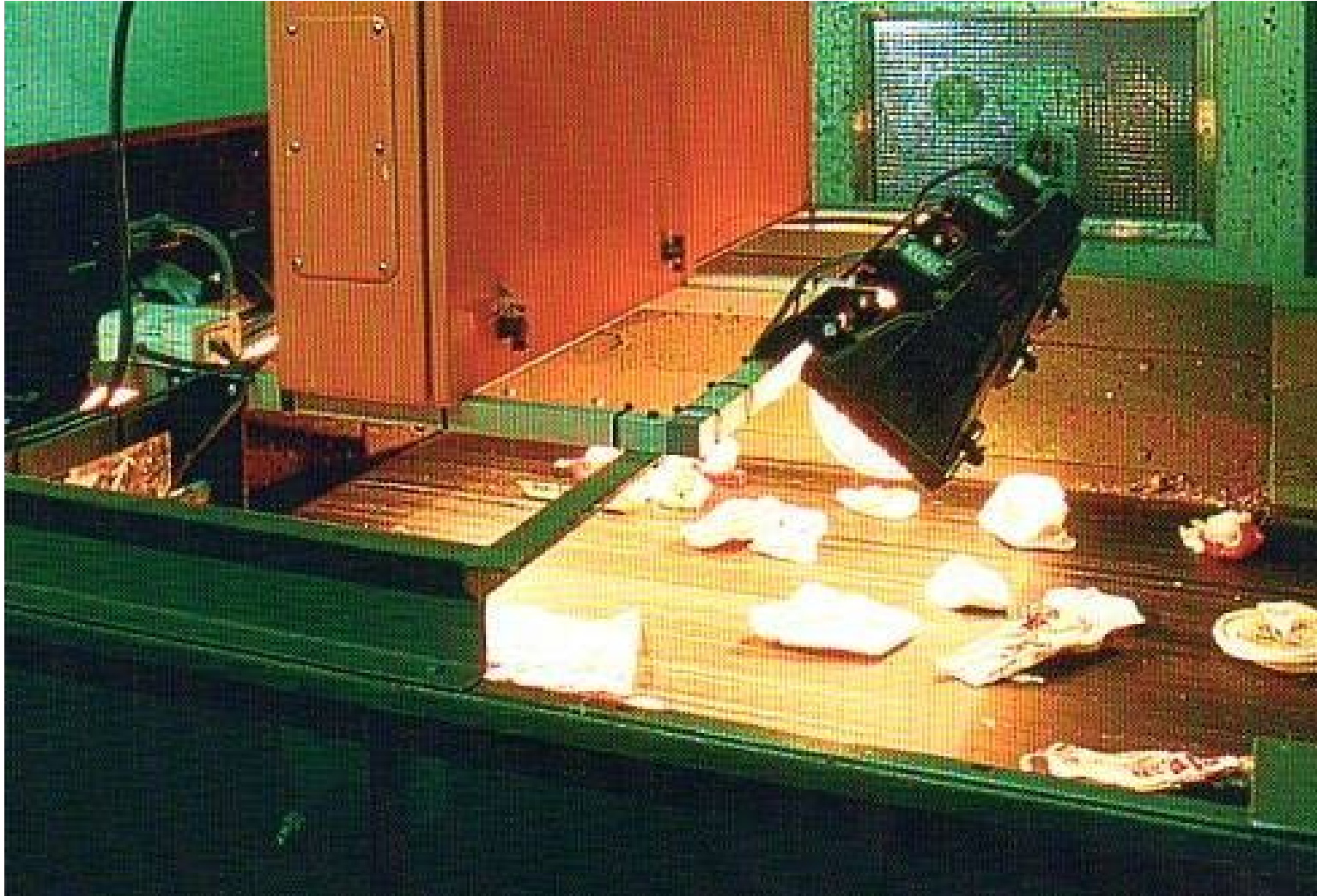
Třídění na optickém principu - typ materiálu

Zde se může chemik plně vyžít!

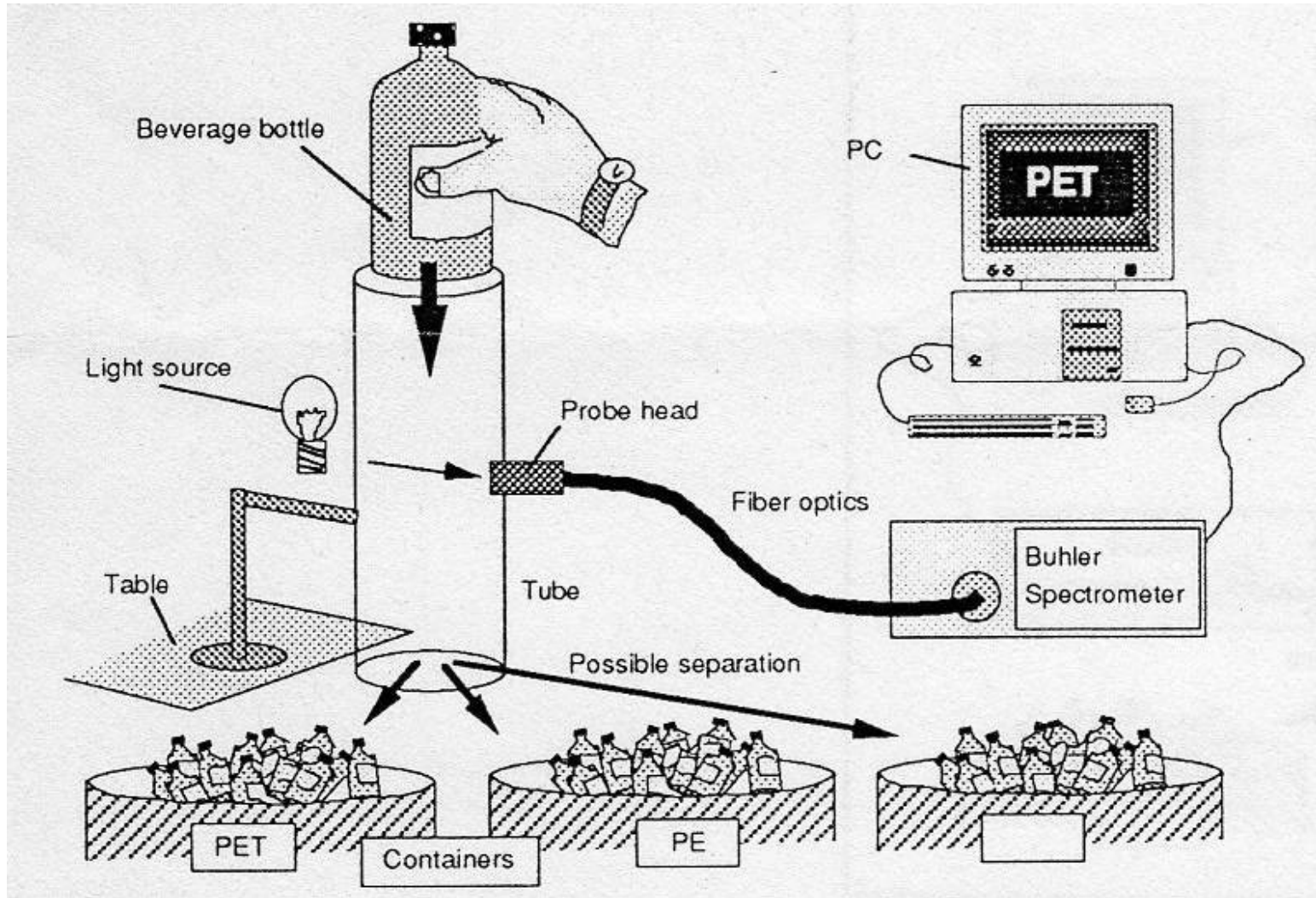
- NIR (spektroskopie v blízké infračervené oblasti) – dominantní metoda
- UV spektroskopie
- Fluorescenční spektra
- Polarizované světlo

(http://www.ledarecycling.it/menu/plastics_scrap_separation.htm)

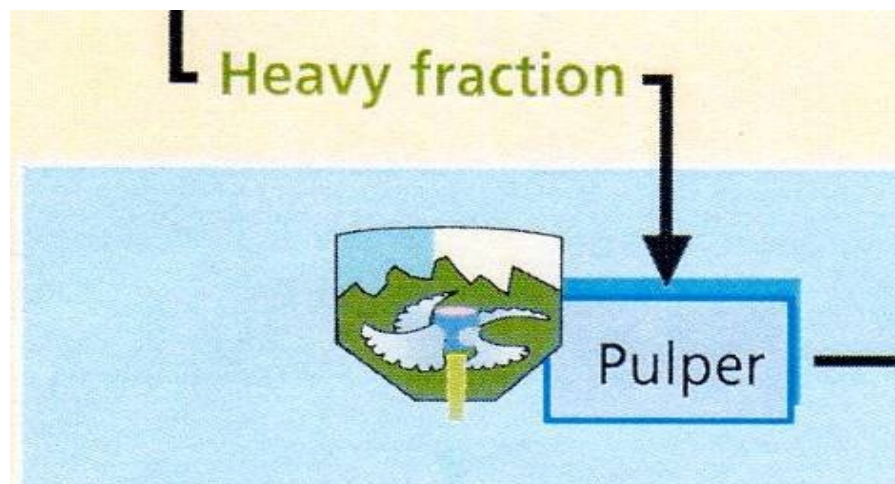
NIR – příklad provedení



NIR – příklad provedení



Kam jsme postoupili na recyklační lince



Pulp	Kaše, DRŤ, kal, rozplavená zemina
Pulper	Drtič (není typický název!)
Shredder	Drtič velkých kusů, drtič na hrubo (též <u>skartovač</u>), ŠTĚPKOVAČ (můj výraz)
Grinder	Mlýn, drtič částic co už prošly přes SHREDDER
Granulator	
Mill	
Wet mill (nikdy Water Mill)	Mlýn meloucí mokrou hmotu, ve vodě

Drtič velkých kusů, drtič na hrubo (Shredder)

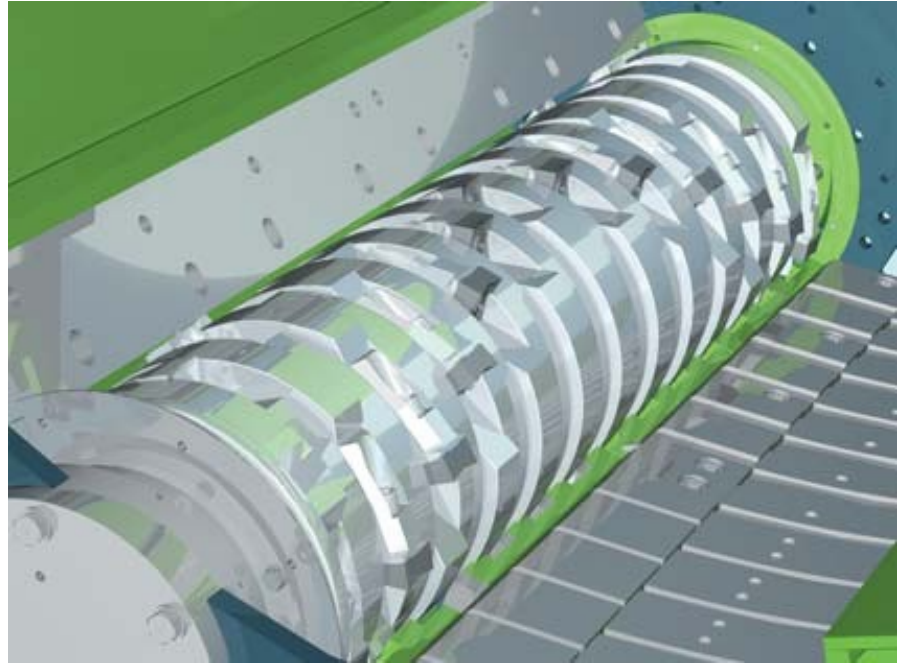
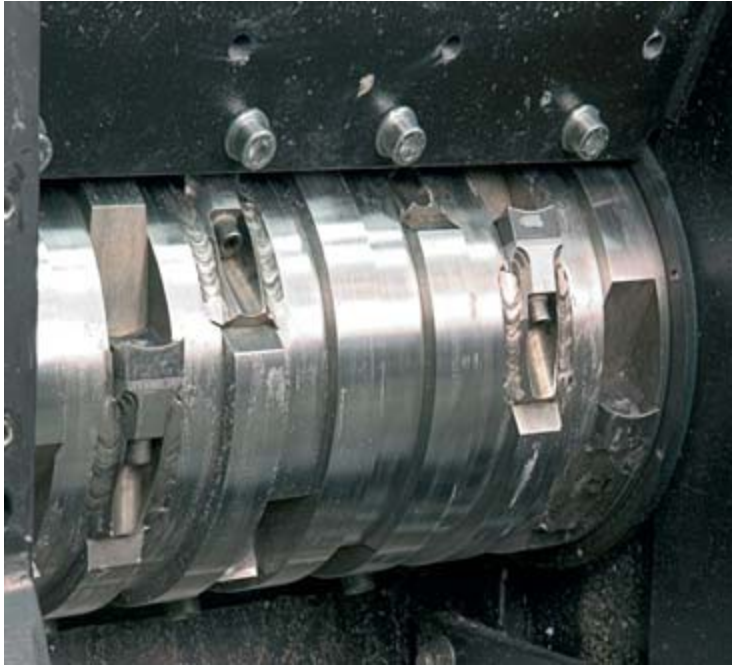


Mixed plastic input is preshredded to reduce it to particle sizes of 10 to 40 mm.

ZÁKLADNÍ RYSY:

- nemá tzv. pevné nože
- síto má velké otvory (např. 50 - 100 mm)
- pomaloběžný stroj (otáčky cca. 40 – 60 ot/min)
- může být i chlazený rotor
- velké kusy jsou obvykle přitlačovány k rotoru („krouhání“)

Drtič velkých kusů, drtič na hrubo (Shredder)



Může být i v podobě spirály, která se otáčí, na ni je tlačena hmota a tak je postupně „strouhána“.

Výhodou výše uvedené konstrukce je snadnější výměna a ostření drticích elementů.

Velké kusy – LUMPS

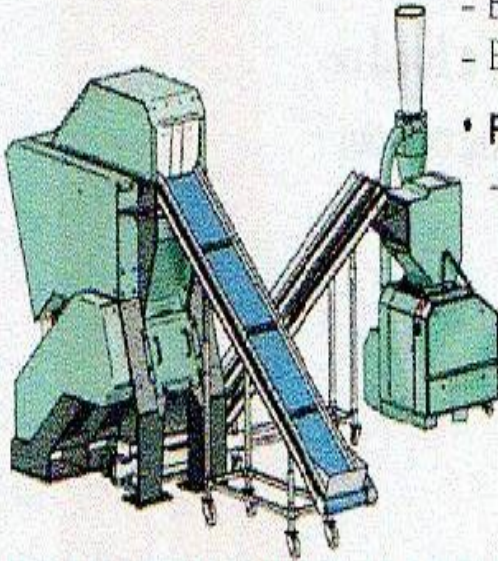
hmotnost až 50 kg



Drtič velkých kusů – příklad spojení s granulátorem

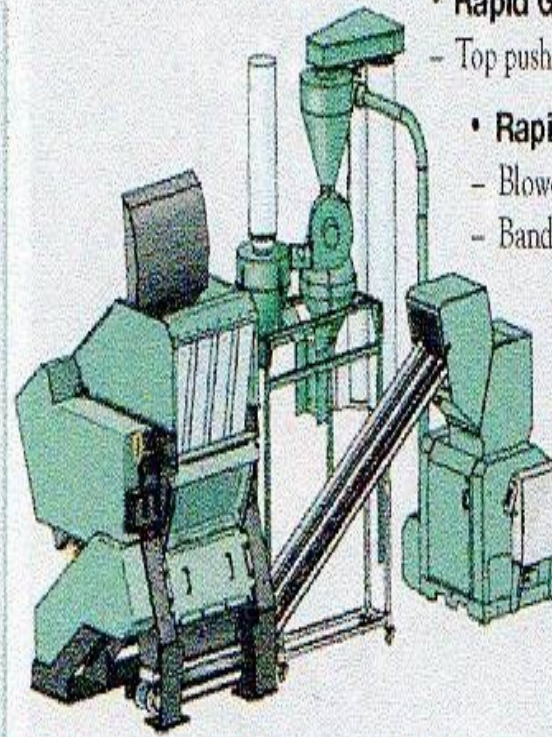
Typical configuration – Lump application

- **Rapid GranuMATIC™ Compact**
 - Band conveyor infeed
- **Rapid 2036 granulator**
 - Blower F7/AX7,5
 - Band conveyor infeed
- **Regrind separation**
 - Rapid DS-50



Typical configuration – Container application

- **Rapid GranuMATIC™ Extend**
 - Top pusher
- **Rapid 3560 granulator**
 - Blower F15/AX12
 - Band conveyor infeed
- **Regrind separation**
 - Rapid DS-400
 - Metal separator
 - High-built stand



Drtič velkých kusů – příklad výkonů

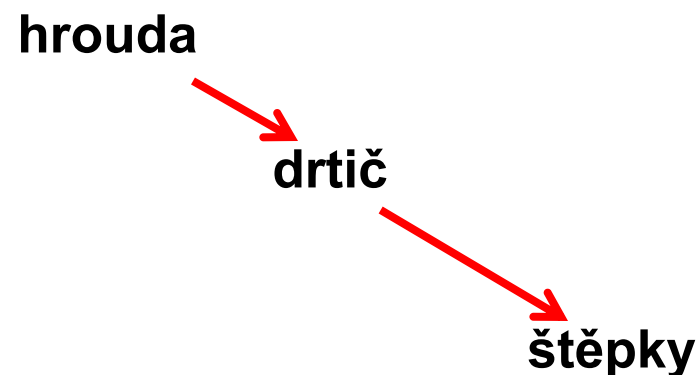
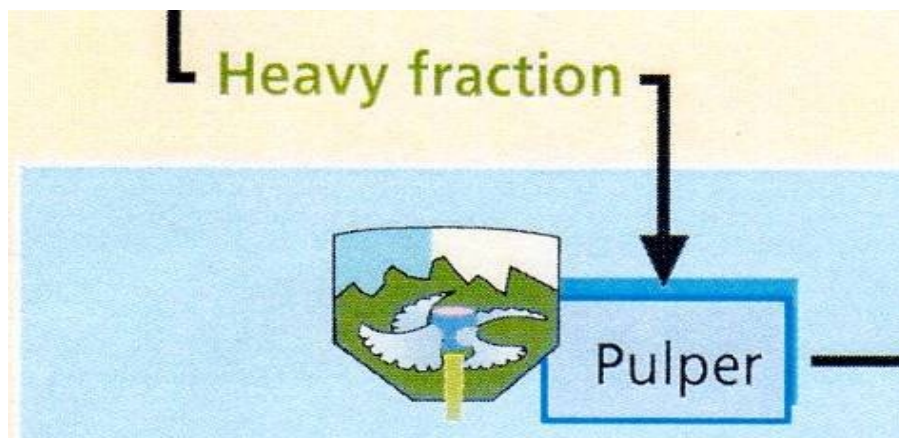
GranuMATIC™	Compact	Extend	Wide
Power supply (kW/Hp)	11/15	22/30	55/75
Knives (pcs)	14	28	42
Rotor speed (rpm)	58	58	58
Weight (kg/lbs)	2800/6200	4800/10500	6500/14300
FlexiPUSH	yes	yes	yes
PolyCUT	yes	yes	yes
Rotor diam. (mm/in)	282/11	282/11	434/17
Cutterhouse (mm/in)	540×740/21×29	1080×740/42×29	1620×1020/64×40
Throughput* (kg/h/lbs/h)	450/1000	900/2000	1500/3300
Optionals			
Top pusher	N.A.	yes	yes
Rotor cooling	N.A.	N.A.	yes
Screen (hole diam., mm/in)		50/ 2"	
Double knife rows	N.A.	N.A.	yes

* Depending on application, material, feeding rate etc. (N.A. = not available)

Drtič velkých kusů – VÝROBCI

- **RAPID (Švédsko) - můj favorit**
www.rapidgranulator.com
- **TRIA (Itálie) – velmi dobrá firma**
www.tria.it
- **HERBOLD-NEUE (Německo) - tradice**
www.neue-herbold.de

Kam jsme postoupili na recyklační lince



Lump	Velký kus, hrouda
Chips	Štěpky
Regrind	Přemletý materiál
Flakes	Drt' v malých kouscích, cca. do 10 mm, šupinky vzniklé při mletí PET lahví
Granules	Granule, drt' v malých kouscích, cca. do 10 mm, používáno i pro prvotní materiál (cca. do 3 mm)
Pellets	Granule - prvotní materiál (cca. do 3 mm)

POZOR NA TERMILOGII !

**Grind (ground,
ground)**

Nepravidelné sloveso Mlít

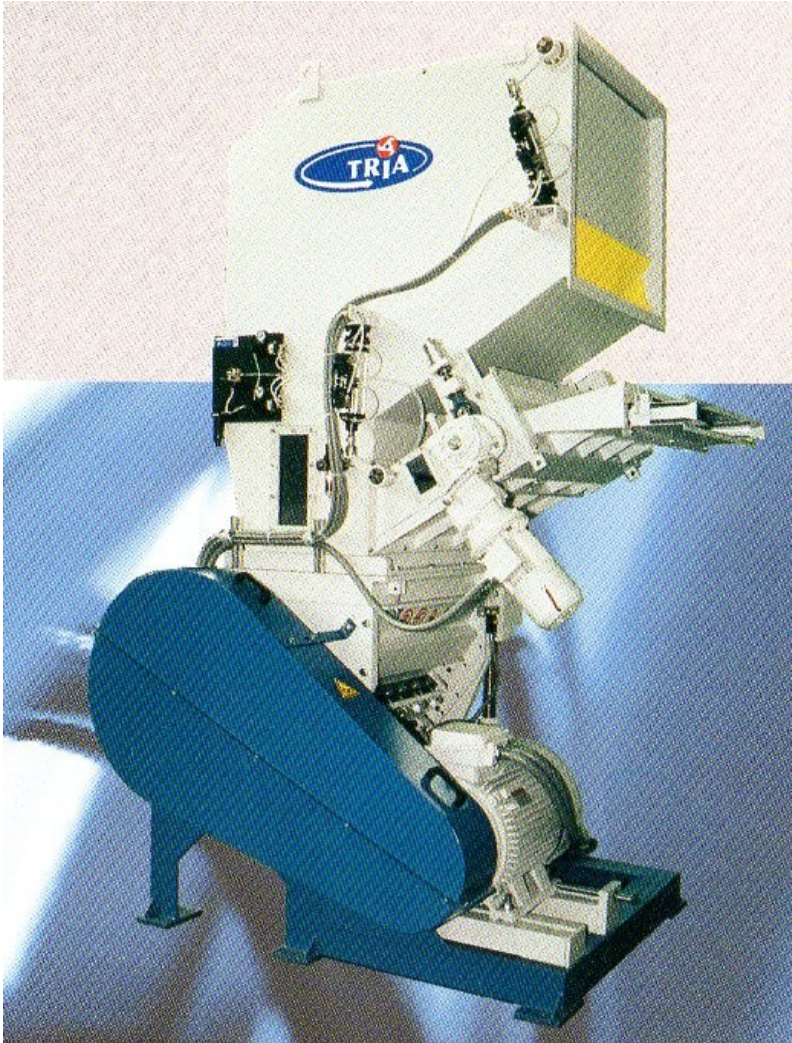
Ground

**Pravidelné sloveso Uzemnit
(Am.)**

Earth

**Pravidelné sloveso Uzemnit
(Br.)**

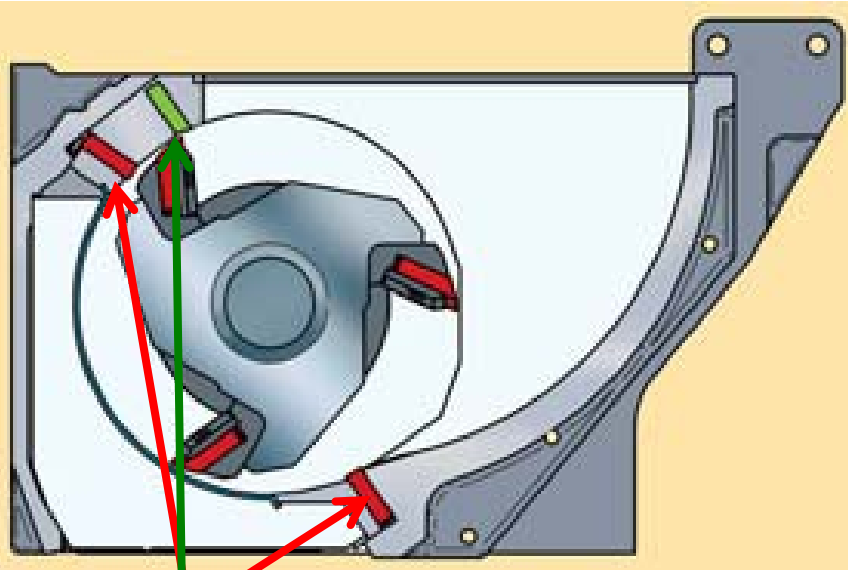
Mlýny (granulátory)



ZÁKLADNÍ RYSY:

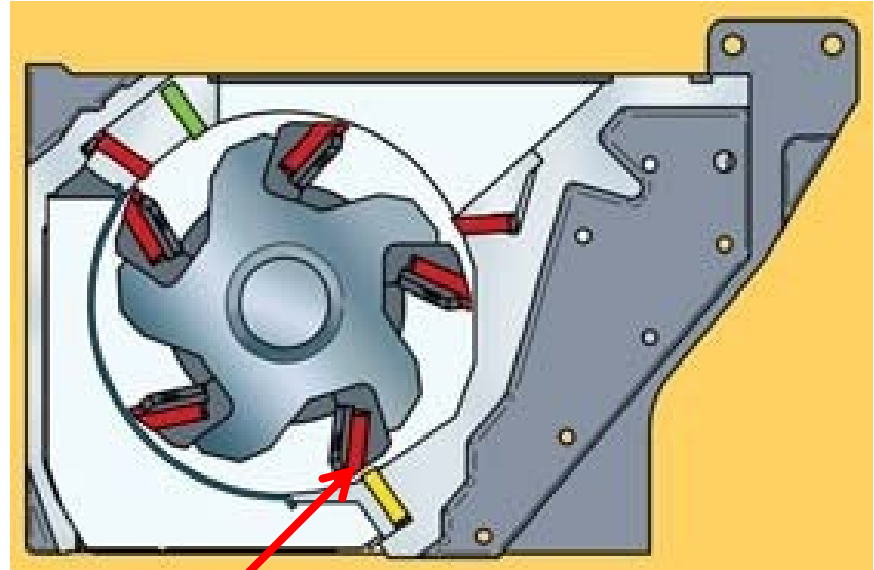
- vstup nemusejí být štěrky, ale přímo výrobky (odpad)
- Má tzv. pevné a rotující nože
- síto má MALÉ otvory (např. 5 - 20 mm)
- RYCHLOběžný stroj (otáčky cca. 400 – 800 ot/min)
- Může být i chlazený rotor
- Může být mleto ve vodě

Mlýny (granulátory)



PEVNÝ NŮŽ

Toto uspořádání (MENŠÍ počet nožů) je výhodné pro mletí objemných dílů (kanystry)



ROTUJÍCÍ NŮŽ (PROTINŮŽ)

Toto uspořádání (VĚTŠÍ počet nožů) je výhodné pro mletí MALÝCH dílů (PET láhve, výlisky)

Mlýny (granulátory) - materiály

- **Materiál nástrojová ocel**
- **Obvykle (ale je to dražší) ostří z karbidu wolframu (WC)**
- **Seřizování štěrbin mezi pevnými a rotujícími noži na cca. 0,1 mm**
- **Dotahování šroubů momentovým klíčem (aby se šrouby přílišným dotažením nepřetrhnuly)**

Suché versus mokré mletí

SUCHÉ

VÝHODY

- Jednodušší stroj
- Bez problémů koroze
- Možnost vzduchového či elektostatického třídění drtě

NEVÝHODY

- Více prachu v drti
- Rychlejší otupení nožů (cca. 8 – 12 hodin)

MOKRÉ

VÝHODY

- Méně prachu v drti
- Pomalejší otupení nožů (cca. 24 – 72 hodin)

NEVÝHODY

- Není už možnost vzduchového třídění drtě
- Složitější stroj
- Otázka koroze

Štěpkovače a Mlýny

hygiena pracovního prostředí

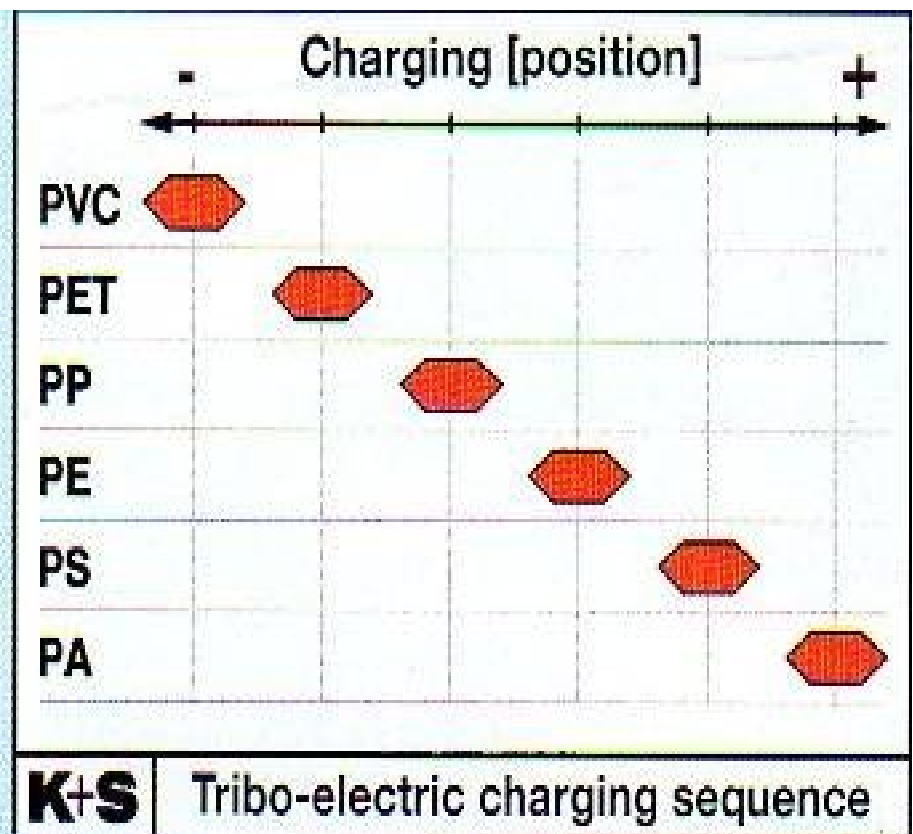
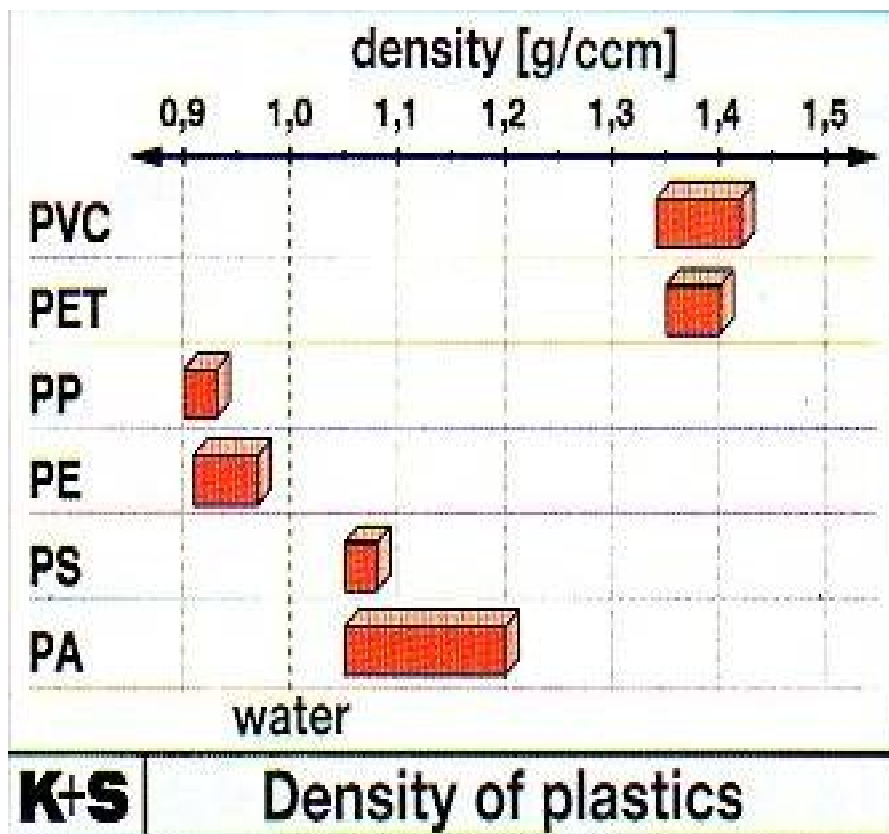
- Hranice průměrného hluku pro trvalý pobyt pracovníků je 75 dB (kytara z 40 cm je 60 dB)
- Hranice jednorázového hluku pro pobyt pracovníků je 110 dB (startující tryskové letadlo je 190 dB)

Štěpkovače a mlýny

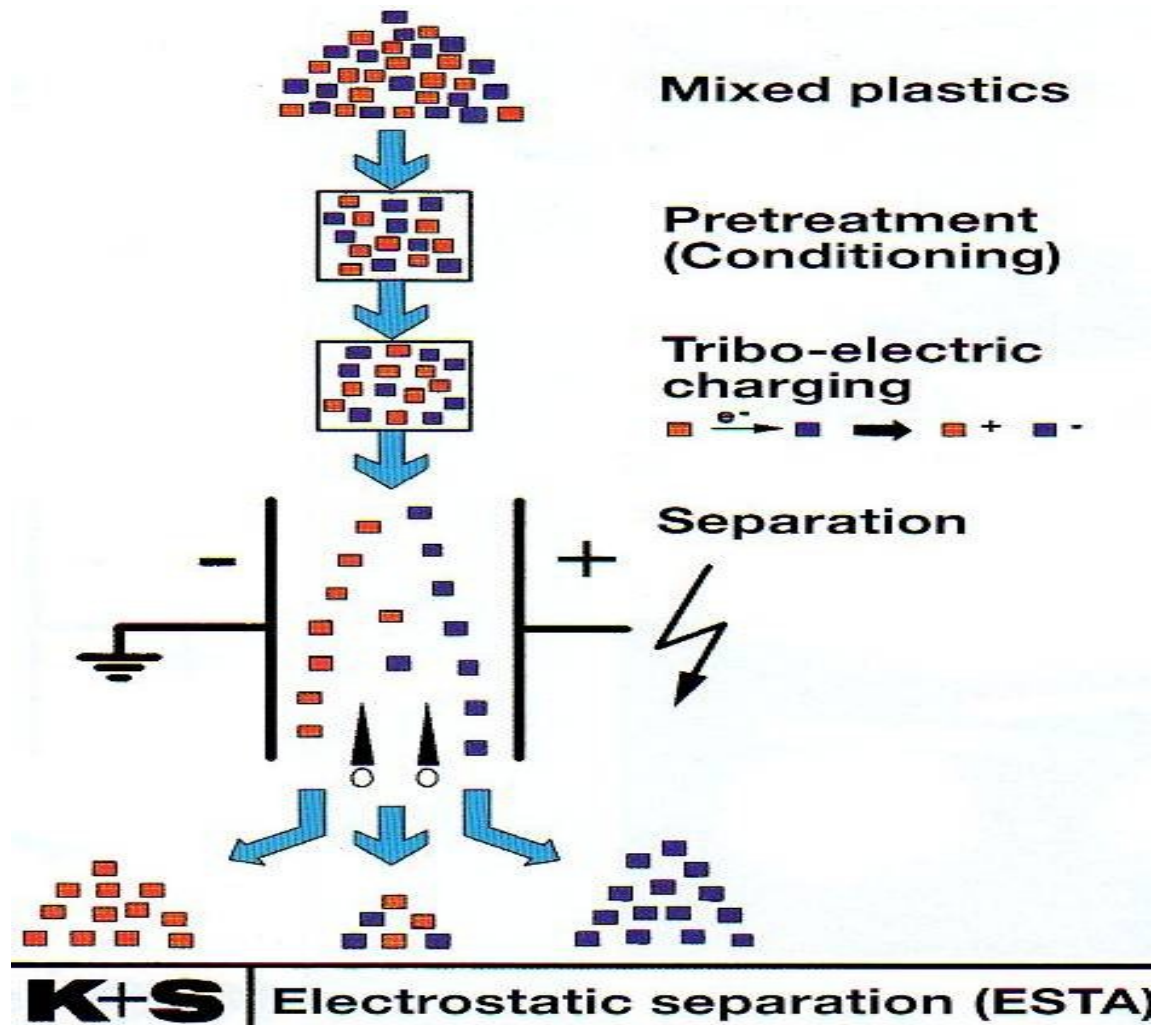
- **Obvykle nad 90 dB**
- **REŠENÍ: umístění do ochranného obalu (Sound Proofed Box) uvidíte na exkurzi**

Třídění na elektostatickém (triboelektrickém) principu - typ materiálu

Zde se může chemik i fyzik plně vyžít!



Třídění na elektostatickém (triboelektrickém) principu



Třídění na principu různého smáčení povrchu částic - typ materiálu

Zde se může chemik i fyzik plně vyžít!

Poměrně nový postup

- Hlavně pro oddělování PVC od PET**
- Rozdíly hustot jsou nedostatečné pro odtrídění**
- Dobře smáčená částice PVC se dostane do horní vrstvy pěny > oddělení**
- Podrobněji rozebereme v další přednášce**