

ROBOTIZACE A AUTOMATIZACE VE ZPRACOVÁNÍ ODPADU

Autor: Lukáš Jiroušek

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně
Ústav automatizace a informatiky
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká republika
208696@vutbr.cz

Abstrakt: Tato práce se zabývá robotizací a automatizací průmyslu pro zpracování odpadu. To od jeho sběru až po metody třídění. Tradičně se tomuto věnovali lidé, avšak toto řešení je pro lidi nebezpečné a trpí nízkou produktivitou, kvůli tomu a snaze lidstva být šetrnější k životnímu prostředí se automatizace jeví jako vhodné řešení.

Klíčová slova: Odpadní průmysl, Automatizace, Robotizace, Automatické třídění, Chytré popelnice, IoT

1 Úvod

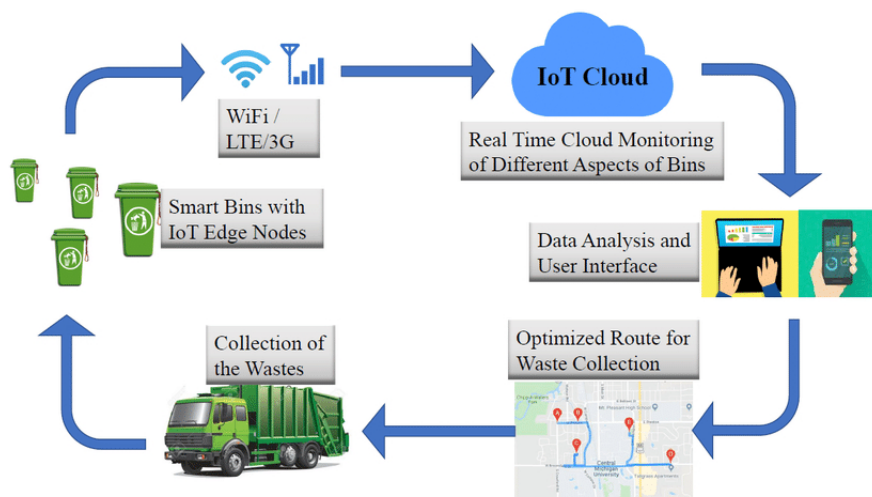
Tato práce se zabývá robotizací a automatizací průmyslu pro zpracování odpadu. To od jeho sběru s využitím chytrých popelnic využívající IoT konektivitu přes možnosti třídění odpadního materiálu, a to metody přímé a nepřímé.

2 Automatizace kontejnerů na odpad

Jako první se zaměříme na prvotní automatizování odpadu a to konkrétně na chytré popelnice. Jejich smysl spočívá v automatickém vyhodnocování stavu (naplnění) popelnice. Tuto informaci pak odesílá pro následné zpracování, jedná se tedy o koncept IoT. Právě ono IoT nám umožňuje optimalizování cest vozů pro svoz odpadu, což ve výsledku znamená ušetření paliva, tedy i ceny a zanechání menší uhlíkové stopy [7][2].

2.1 Konstrukční řešení

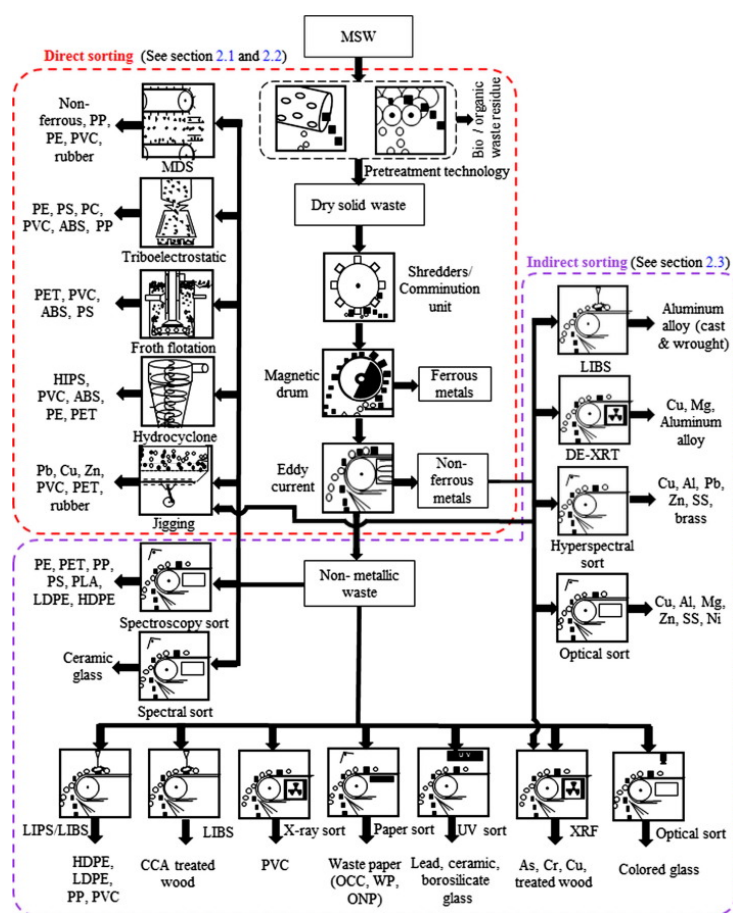
Celé konstrukční řešení je poměrně jednoduché koncepce skládající se pouze z několika dílčích částí. Pomineme-li nádobu jako takovou, tak první věc, která stojí za zmínku je ultra-sonický senzor jenž má za úkol snímat výšku odpadu v popelnici. Tuto informaci dále posílá do mikrokontroleru založenému na platformě Arduino, konkrétně ESP8266 obsahující Wi-Fi konektivitu. V mikrokontroleru se porovnají data z ultrasonického senzoru s hloubkou popelnice a vyhodnotí stav zaplnění popelnice. Tento stav je dále zobrazen na LCD displeji přímo na popelnici a dále odeslán přes Wi-Fi na webserver, společně s GPS souřadnicemi získaných z GPS modulu, kde jsou pak tato informace dostupná místním správám komunálního dopadu, kteří dále tyto informace nabíraná z chytrých popelnic využívají pro naplánování jejich svozu. Toto konstrukční uspořádání má taktéž výhodu v jeho poměrně nízké energetické náročnosti, to umožňuje použití solární energie společně s bateriemi a tudíž odstraňuje nutnost připojení k síti elektrické energie. Existují pak ještě pokročilejší verze popelnic, které navíc obsahují mechanismus na automatické stlačování odpadu, či s výkonnějšími mikrokontrolery [5][7][2].



Obr. 1: Architektura systému [5]

3 Automatické třídění

Automatické třídění se dělí na dvě kategorie, a to přímé a nepřímé. Přímé metody využívají vlastností tříděného materiálu jako je například magnetičnost, elektrická vodivost a podobně. Druhou kategorií jsou metody nepřímé. Ty se spoléhají na senzory, díky kterým dokážou rozpoznat materiál a polohu, která dále slouží robotům či automatickým strojům pro jejich další manipulaci. Těmto metodám se bude více zabírat v dalších kapitolách [3].

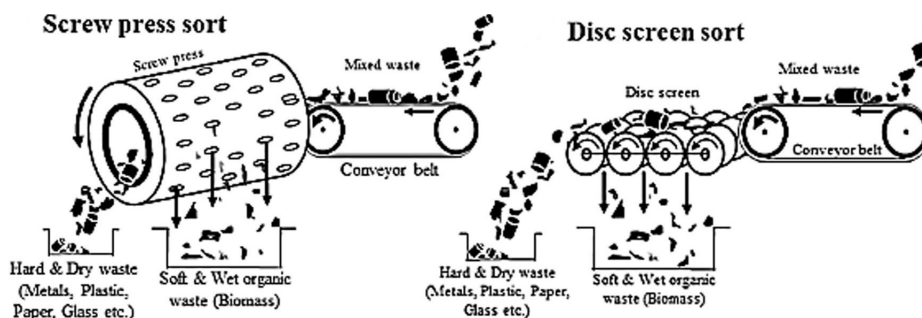


Obr. 2: Přehled metod třídění [3]

3.1 Druhy přímého třídění

Třídění měkkých (organických) materiálů

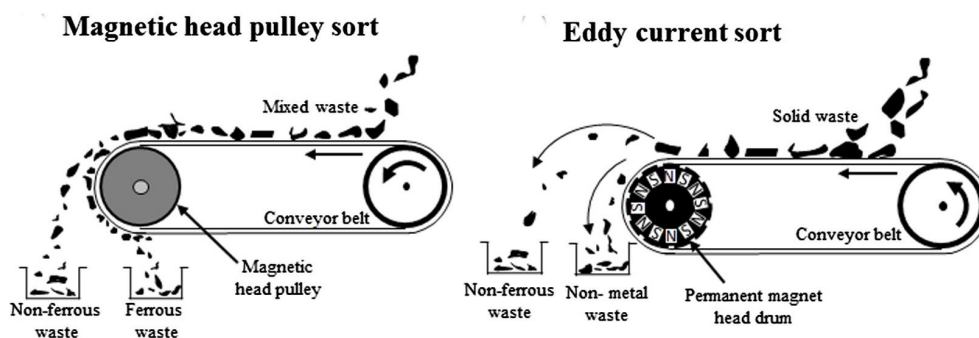
Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, tyto metody využívají vlastností tříděného materiálu. První z těchto vlastností je tuhost. Na tomto principu jsou založeny metody jako například třídění diskovým sítem či tříděním šroubovým lisem, které jsou určeny pro separaci měkkého (často organického) materiálu od tvrdého [3] [6] [4].



Obr. 3: Třídění měkkých (organických) materiálů [5]

Třídění magnetických materiálů

Další skupinka se zaměřuje na třídění metalického odpadu, jako je například třídění magnetickým bubnem či pomocí vířivých proudů. V tomto případě je často vhodné použití i drtiče, který tříděný materiál zpracuje na menší části, čímž zlepší výslednou kvalitu třídění [3] [4] [1].

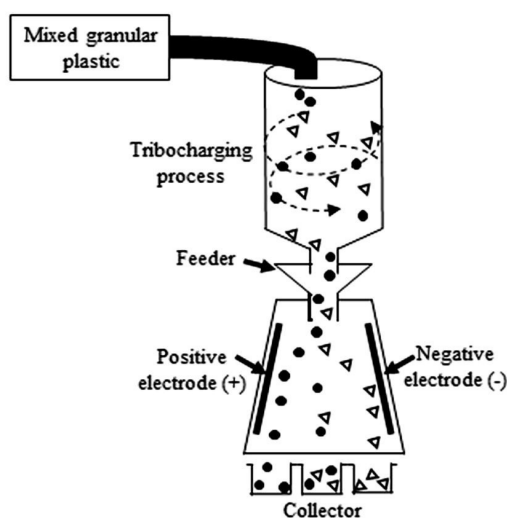


Obr. 4: Třídění magnetických materiálů [5]

Třídění plastových materiálů

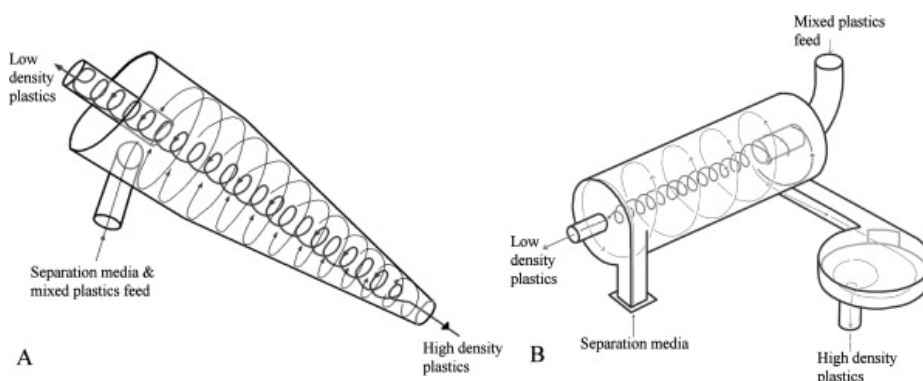
Nejpočetnější skupinou jsou metody na třídění plastů. Prvním zástupcem je triboelektrostatická separace, která funguje na principu kontaktní elektrifikace (tribolestickém jevu). Když třízený materiál putuje tribokomorou, drcený plast přítomný v odpadu se nabíjí s různou polaritou třecí elektrifikací. Nabité kusy tohoto odpadu pak procházejí elektrickým polem k jejich oddělení. Trajektorie každého kusu odpadu je určena množstvím neseného náboje. Toto pole pak bývá navrženo tak, aby po průchodu částice plastu padali do příslušných kontejnerů [3] [8].

Triboelectrostatic separator



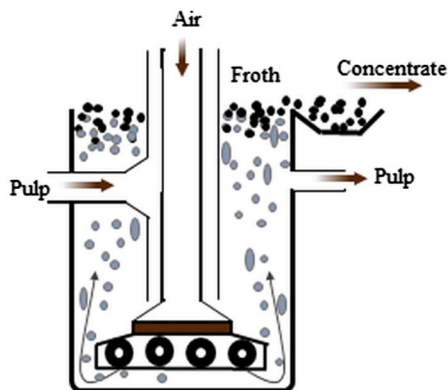
Obr. 5: Triboelektrostatická separace [5]

Další metodou je hydrocyklon, který pro třídění využívá odstředivou sílu pro hustotní separaci, toto třídění pak ovlivňuje spousta faktorů jako například kolísání hustoty (od plniv, pigmentů, pórovitosti atd.), smáčivost, tvarové faktory částic se zmenšenou velikostí a míra uvolňování z jiných materiálů [3] [9] .



Obr. 6: Třídění hydrocyklonem [9]

Poslední metoda je pomocí flotace, která využívá hydrofobnosti plastu k jeho oddělení z odpadní vody. Při tomto procesu se vzduch rozpouští ve směsi vody a odpadní drti pod vysokým tlakem. Rozpuštěný vzduch se pak uvolňuje do flotační sekce za atmosférického tlaku. To vede k tvorbě pěny na povrchu směsi voda-odpad. Suspendované plastové částice se díky své hydrofobnosti přichytí k těmto bublinám v pění. Kombinovaná měrná hmotnost bublin nesoucích plastové částice je menší ve srovnání s kapalným médiem, což vede k flotaci [3] [11].

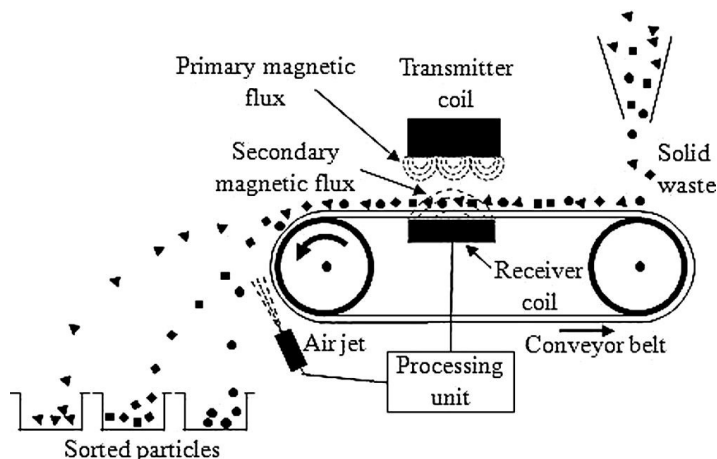


Obr. 7: Třídění flotací [5]

3.2 Druhy nepřímého třídění

Třídění založené na vířivých proudech

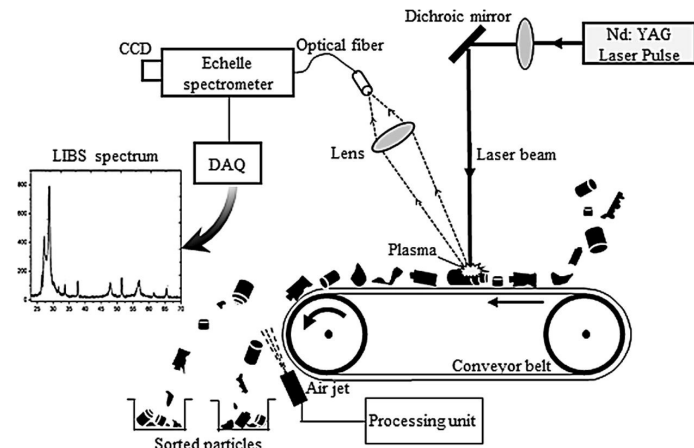
Funguje na principu magnetického toku, generovaným elektromagnetickou cívkou, který prochází tříděným materiálem, ve kterém se indukují vířivé proudy. Právě přivedením proudu do cívky nad dopravníkem vzniká v axiálním směru cívky primární magnetický tok. Ten pak způsobuje generování vířivých proudů, které působí podle Lenzova zákona proti sekundárnímu magnetickému toku. Proto měřením sekundárního magnetického toku jsme schopni detekovat železný odpad. Ten je pak dále vystřížen pomocí stlačeného vzduchu [3].



Obr. 8: Třídění založené na vířivých proudech [3]

Spektrometrie laserem buzeného plazmatu (LIBS)

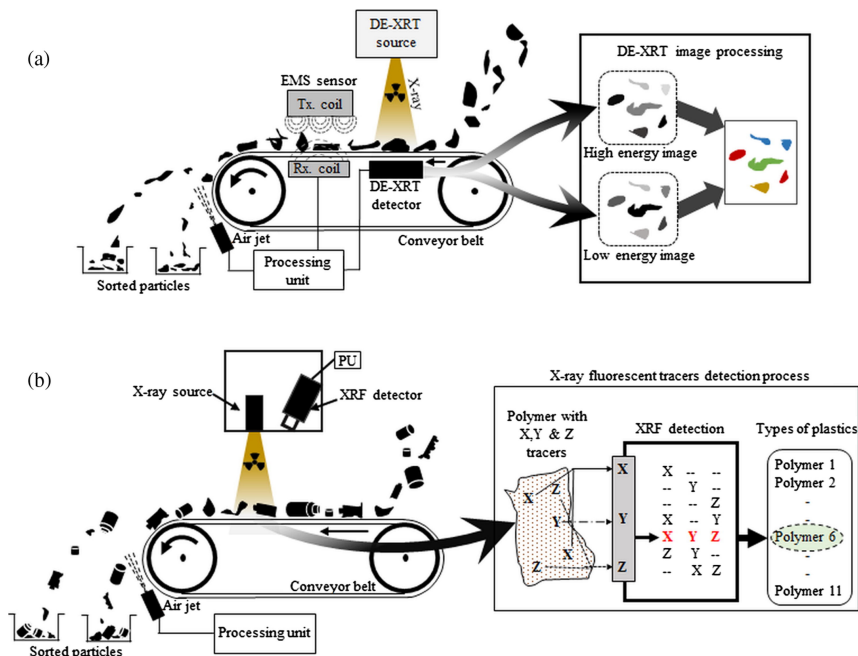
Systém je založen na použití velmi výkonného laserového pulsu. Ten je přiveden na tříděný materiál, to zapříčiní ablaci tohoto materiálu, který vede k vytvoření plasmových válečků. Následně je záření emitované z této ablatované části zachycováno CCD spektrometrem. Tato metoda má oproti metodě vířivých proudů vyšší rychlost analyzování. Nevýhodou pak však je, že odpad musí být bez maziv, barev a oxidačních vrstev [3] [10].



Obr. 9: Spektrometrie laserem buzeného plazmatu (LIBS) [3]

Třídění za pomoci rentgenu

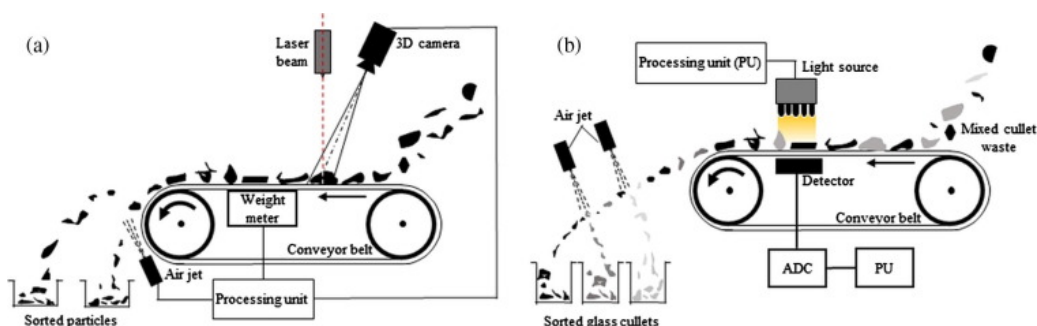
Funguje na principu pořizování rentgenových snímků a to v řádu několika milisekund. Snímání se dá pak rozdělit na dva typy. Metoda Dual Energy X-ray Transmission (DE-XRT), které spočívá v prosvícování materiálu. Druhá metoda X-ray Fluorescence (XRF) spočívá pak ozáření materiálu a následného snímání odrazu [3].



Obr. 10: Třídění za pomoci rentgenu [3]

Třídění na optické bázi

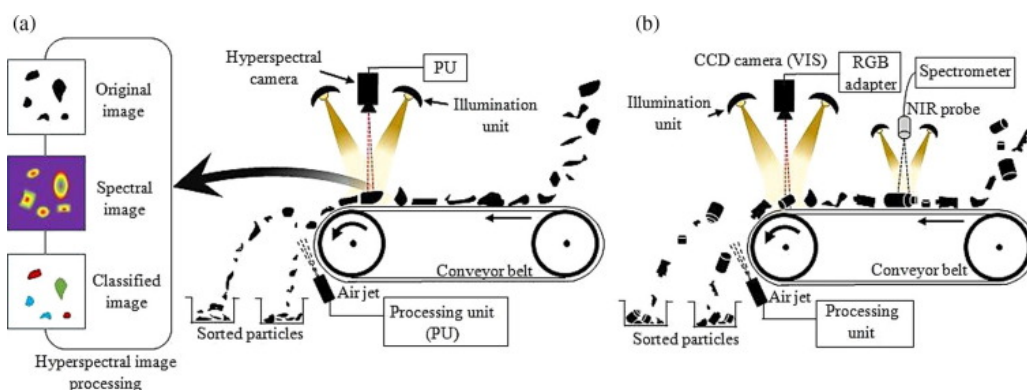
Tato metoda se na rozdíl od předešlých nezaměřuje na fyzické vlastnosti materiálu, ale na vizuální/hmatové podmínky jako je například barva, textura či tvar. Jako senzory zde slouží kamery [3].



Obr. 11: Třídění na optické bázi [3]

Třídění založené na spektrálním zobrazování

Tato metoda kombinuje spektrální zobrazení pomocí CCD kamer s následným zpracováním takto vniklých obrázků různými algoritmy pro rozpoznání materiálu [3].



Obr. 12: Třídění založené na spektrálním zobrazování [3]

4 Závěr

Tato práce se zabývala v první části automatizovaným sběrem odpadu pomocí IoT chytré popelnice, které celý proces zefektivňují díky odesílání dat o míře zaplnění, které se dále využívají pro plánování cest vozů pro sběr odpadu, což má za následek, optimálnější trasu těchto vozidel, tedy i snížení spotřeby, ceny a nižší uhlíkovou stopu. Druhá část se pak zabývá metodami třídění odpadu, ať už metodami přímými, založených na vlastnostech materiálu, či metodami nepřímými, které se spoléhají na senzory.

Zdroje

- [1] BONIFAZI, G., SERRANTI, S., AND MEYERS, R. Recycling technologies. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. Springer* (2012), 8794–8848.
- [2] CHAWARE, S. M., DIGHE, S., JOSHI, A. S., BAJARE, N., AND KORKE, R. Smart garbage monitoring system using internet of things (iot). *International journal on innovative research in electrical, electronics, instrumentation and control engineering* 5 (2017), 74–77.
- [3] GUNDUPALLI, S. P., HAIT, S., AND THAKUR, A. A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling. *Waste Management* 60 (2017), 56–74. Special Thematic Issue: Urban Mining and Circular Economy.
- [4] HANSEN, T. L., LA COUR JANSEN, J., DAVIDSSON, Å., AND CHRISTENSEN, T. H. Effects of pre-treatment technologies on quantity and quality of source-sorted municipal organic waste for biogas recovery. *Waste Management* 27, 3 (2007), 398–405.
- [5] HAQUE, K., ZABIN, R., YELAMARTHI, K., YANAMBAKA, P., AND ABDELGAWAD, A. An iot based efficient waste collection system with smart bins.
- [6] JANK, A., MÜLLER, W., SCHNEIDER, I., GERKE, F., AND BOCKREIS, A. Waste separation press (wsp): A mechanical pretreatment option for organic waste from source separation. *Waste Management* 39 (2015), 71–77.
- [7] KANADE, P., ALVA, P., PRASAD, J. P., AND KANADE, S. Smart garbage monitoring system using internet of things(iot). In *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (2021), pp. 330–335.
- [8] LI, J., WU, G., AND XU, Z. Tribo-charging properties of waste plastic granules in process of tribo-electrostatic separation. *Waste management* 35 (2015), 36–41.
- [9] RICHARD, G. M., MARIO, M., JAVIER, T., AND SUSANA, T. Optimization of the recovery of plastics for recycling by density media separation cyclones. *Resources, Conservation and Recycling* 55, 4 (2011), 472–482.
- [10] SOLO-GABRIELE, H. M., TOWNSEND, T. G., HAHN, D. W., MOSKAL, T. M., HOSEIN, N., JAMBECK, J., AND JACOBI, G. Evaluation of xrf and libs technologies for on-line sorting of cca-treated wood waste. *Waste Management* 24, 4 (2004), 413–424.
- [11] WANG, C.-Q., WANG, H., FU, J.-G., AND LIU, Y.-N. Flotation separation of waste plastics for recycling—a review. *Waste Management* 41 (2015), 28–38.