from each customer who is delivering waste. This information has been analyzed for the year 2018 and is very useful to compare it with the analysis within this work [14].

2.2 Survey

One part within this work was the development of a survey, which is aimed at gathering information about the users of the recycling sites. The survey was designed as guided interview at the sites itself and as an online survey. The survey "Recycling site of the future" was created with EvaSys, a web tool for creating online surveys that also offers the possibility to get a statistical conclusion of the collected information.

The survey contains four different categories of questions. The first part includes general user information, like postcode. The postcode is used to locate and visualize the source of the waste. Of interest is also the age and the residential situation of the user. This information is important to evaluate a connection to the waste fractions and the amount of waste. A valuable information is also if the person has a garden to derive possible parameters. The second part of the survey is focused on the different waste fractions which are brought by the user and about the readiness to bring and take functional, electrical devices. The third part is about the ways how users inform themselves about the recycling sites and how they reach the site (by car, with public transportation). The fourth part is about the customer satisfaction with the services and the reachability of the recycling site. There is also the possibility to give improvement recommendations.

All this information is used to derive possible parameters and to detect, which factors are connected and how much waste could be expected. In the future, another survey campaign in LRO is planned to show differences and common features in the recycling sites and how they are recognized by the users. Also, the focus is on customer needs and how the site could be expanded to a service center.

2.3 Spatial Analyses

One of the most important parts of this work are the calculations of reachability areas and the amount of potential waste and users. With this information, the potential for new recycling sites as well as an expansion of existing sites could be proposed. The whole workflow is shown in Fig. 2. First of all, the areas of the same reachability (ISO areas) are derived with the QGIS plugin QNEAT3. Further information about the algorithm itself is available in [15]. Due to the fact that the users have to pay for the waste they bring to sites outside of their administrative districts, the borders of the city Rostock are treated as hard borders. This leads to a low amount of cross border waste [14]. To achieve this, the calculation for HRO and LRO is made separately. This should lead to a worse reachability in the border areas. The ISO areas are classified

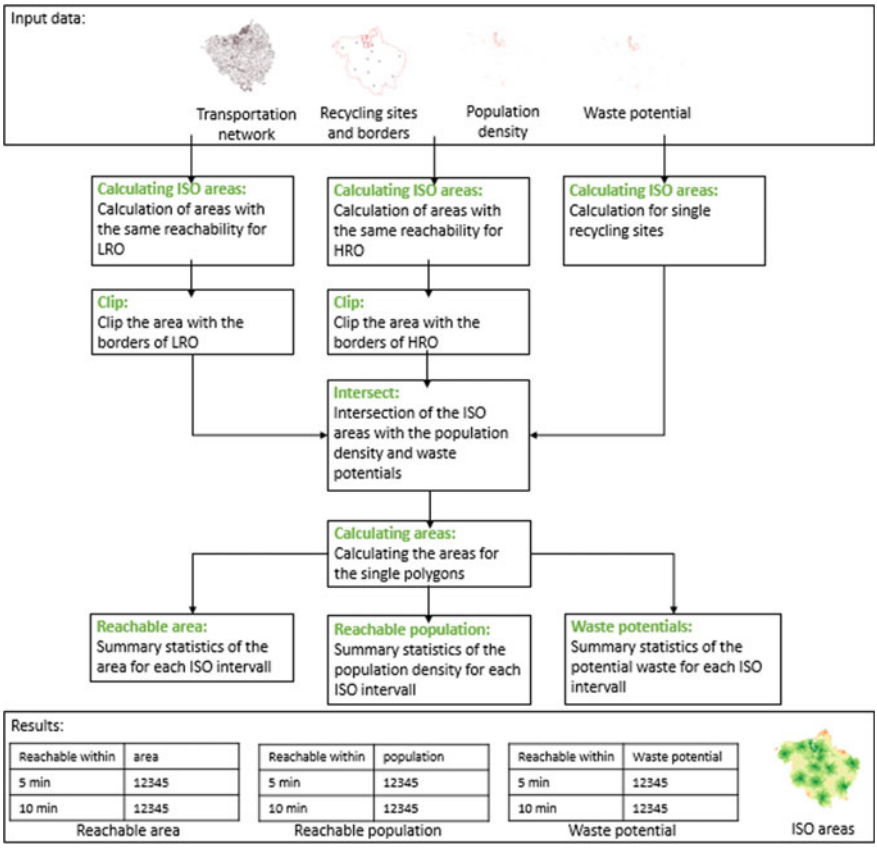


Fig. 2 GIS workflow for the derivation of the reachability regions

in 5 min steps (<5 min; 5–10 min; 10–15 min; 15–20 min; 20–25 min; 25–30 min; >30 min). Furthermore, one ways were handled as normal roads in relation to the lower data quality of OSM.

The next step is the intersection of the ISO areas with the potential waste and population density. Furthermore, this calculation is done for each single recycling site in HRO. This leads to an assumption of the study area coverage as well as potential amounts of waste and users for the single recycling sites.

3 Results

The reachability of the recycling sites in HRO and LRO is evaluated as good (Fig. 3). 98% of the population could reach the facilities within 15 min in HRO and 71% in LRO. Under the assumption of a longer acceptable way of 20 min to the nearest

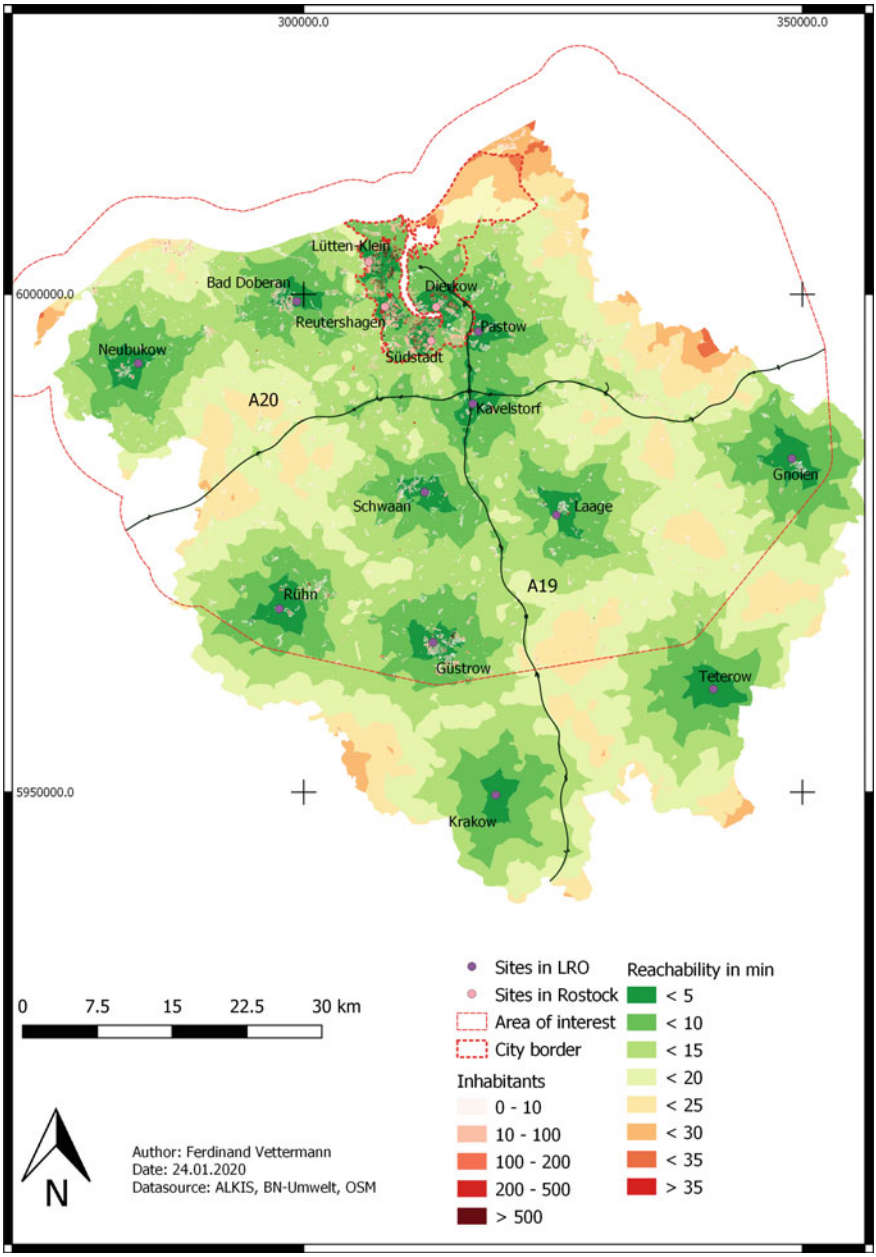


Fig. 3 Reachability of the recycling sites in HRO and LRO

Table 2 Waste potential, customer potential and possible parameters for the recycling sites in Rostock

Site	Customer potential	Waste potential	Site area in m^2	Factor site area	Traffic area in m^2	Factor traffic area	Container area in m^2	Factor container area
Lütten Klein	85,534	72,512	5752	13	4539,08	16	530	137
Dierkow	90,315	83,917	4378	19	3844,4	22	369	227
Südstadt	72,485	80,551	1941	42	1607,78	50	282	286
Reutershagen	82,135	88,748	2293	39	1871,24	47	373	238

recycling site, the part of the reachable inhabitants in LRO rises to 87%. In HRO, 68% of the city area and 60% of the area of LRO are reachable within the 15 min ISO area.

The distribution over the whole area shows that there are several parts with a lower reachability. This concerns the area in the north east, in the western part around the motorway A20 and the low populated areas in the south. The amount of inhabitants that can reach a recycling center in 25 min and more is in LRO 4% and in HRO < 1%. Furthermore, at the border between HRO and LRO, a drop in the supply is visualized. This is also the case for the border regions of LRO to other counties.

To evaluate the status of the single recycling sites, the number of covered people as well as the waste potential was calculated. Due to the lack of data in LRO, this is only processed for the city of Rostock (Table 2). To obtain the information about the capacity, the area of the recycling sites was used for getting a rough amount of possible users. The customer potential and waste potential are derived by the amount of reachability zone 1 (5 min), 50% of zone 2 (10 min) and 10% of zone 3 (15 min). This concerns the users who are able to move between different sites. From these results possible parameters are derived. The parameters describe the amount of waste which could be stored but also more important is the factor of the permeability of the users—how fast they are able to check in, unload their waste and leave the site. Therefore, the area used for traffic seems mostly reasonable. But on closer investigation this factor varies strongly from one site to another. Under the assumption that only two of the sites are temporary congested which are getting enhanced in the future, the factor is without significance.

Also the complete area of the site offers nothing more valuable. The only factor which provides comparable results is the container area. Only the recycling site in "Lütten Klein" offers much more container space for each potential user in comparison to the other sites. The "Südstadt" site is the one that will be enhanced next, so the high customer amount per container area will most likely drop after the expansion. Under these general conditions, a parameter of 250 customers per m^2 container area seems reasonable. This means that the recycling sites in Rostock, except "Südstadt", still have potential for more users (Table 2).

To support these outcomes, the results of the survey comes into play. Over two months 202 evaluable questionnaires were completed. Unfortunately, the survey is

not as representative as needed. Especially the age distribution is problematic. 37.1% of the questioned customers are 45–65 years old and 38.6% are >65 years old. In contrast, the group of the 15–25 years old customers contributes only 2%. Furthermore, the spatial distribution shows that the majority of customers are using the nearest recycling site. This supports the calculation of potential users. The problem of the hard borders between the city and rural areas is also identifiable in the survey: only 2% of the customers are from outside of HRO.

Overall, the customers in HRO are satisfied with the quality of the sites. 68% of the interviewed customers have no wishes for improvement. Also the reachability of the sites seems the most important element of the sites. Because of the good reachability, the situation in HRO seems very well. Between the sites there is no difference identifiable. This satisfaction with the sites supports also the chosen factor of 250 potential customers per m^2 container area.

One of the most important parts of the survey is the type of waste in combination with the residential situation of the customer. The main waste fraction was green cut (80%), electric waste (74%), bulky waste (58%) and painting waste (36%). In Fig. 4 it is visible, that green cut is mainly delivered by single family households. This also contributes for electric waste. The only waste fraction where the single family houses do not contribute the majority is the bulky waste. Therefore apartment buildings are the main source. The assumption beforehand, that the big residential buildings, in cause of the lower social status of their residents, are causing more waste, could not be verified just in regard to the recycling sites. It seems that they are contributing mostly domestic waste or they are not using the bringing system this intensively. In the derivation of parameters for the waste contribution, the big apartment buildings are still a major factor because of the high population density.

Moreover, 71% of the interviewed customers are contributing functional electric devices as waste. 68% of the interviewed customers are willing to take functioning electronic devices. To address these wishes, improvements have to be made to enhance the sites to service centres.

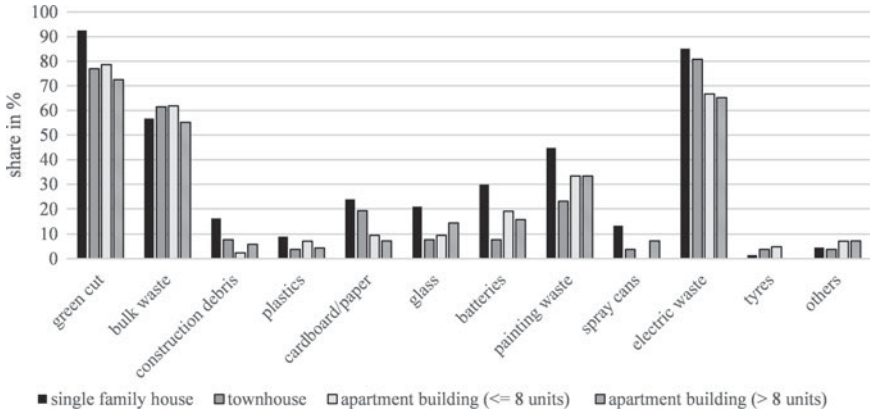


Fig. 4 Waste distribution of the different housing distributions

4 Discussion

In the following part, the method as well as the presented results will be discussed critically. Especially the calculation of the ISO areas could be improved with other methods and data. The traffic infrastructure is the bottleneck of the method, particularly the quality of OSM as well as the derived speed information. The crowdsourcing approach of OSM leads, for instance, to errors in the topology, the situation and the highway type [16]. These errors could be ruled out or at least reduced with commercial road infrastructure datasets, like HERE. On the other hand this would contradict the usage of mostly freely available data sources within this work. Moreover, the incompleteness of the speed information could be solved with the method shown above. Furthermore, the use of public transport could be involved. But the survey show that 90% of the customers are using the car to bring waste, only 2% of them are using public transports. This leads to the assumption, that the connection to public transport stations seems not necessary.

The population density and the potential waste amount are based on ALKIS. This leads to three potential errors. The first one is that the data in ALKIS does not necessarily have to correspond to the actual status due to the binding to changes in the land register. Furthermore, the density factors are derived manually based on experience in cooperation with BN-Umwelt. These parameters are not analysed in detail due to the lack of data. This will be changed in the following years due to the digitalization of the recycling sites in HRO as well as in LRO [17]. With this, a statistical approach will become possible. The third problem affects the accuracy of the area of the density polygons from ALKIS. They are not based on single buildings, so green areas around buildings are also estimated as populated. For single family houses as well as townhouses this is not problematic, however for bigger buildings it is. To improve the area accuracy building shapes and their floor count could be incorporated [18].

Another point to discuss it the permeability of the recycling sites. The chosen parameter model seems to be relatively simple in relation to the potential influence factors. For instance, rush hours are not taken into consideration. For instance, this applies to Saturday afternoons, when the majority of customers are delivering their waste. Furthermore, there is a seasonality in the amount of green cut. Especially during spring and autumn the amount will be higher [14]. Actually, it is only possible to create factors with a margin of safety which are involving these rush hours.

From the survey, it is difficult to derive a statement about the differences between the waste fractions of the single sites. The costumer only has to answer which fraction he is delivering and not how much waste it is. In contrast to the data of 2018, “Dierkow” is the site with the highest amount of green cut. Between the other sites, no big differences are visible. The lowest amount of green cut in the year 2018 was delivered to the recycling site “Südstadt” [14]. The area of allotment gardens in the vicinity of this site is also lower in comparison to the other sites. This leads to the assumption that the survey was not able to provide reasonable information about the waste amounts. This is only possible with the digital recycling site data.

Unfortunately, statements about social elements like age could not be derived. It was only possible to get information about the housing situation in combination with the waste fractions.

5 Conclusion

The method shown within this paper makes it possible to visualize and evaluate the waste flows in Rostock and the rural areas around the city. The whole work provides a workflow, how decisions about planning and extensions of recycling sites could be supported. This could easily be integrated into the decision support system being developed in the project Prosper-Ro. Furthermore, the work presented shows potential design parameters for the recycling sites in Rostock. In combination with the survey valuable information about the waste distribution as well as the contributors of waste was derived. Also, the survey was able to discover the overall satisfaction of the inhabitants of Rostock with their recycling sites. With this, potential factors to achieve the target to establish a circular economy in Europe are identified, for instance the readiness of the customers to take functional electric devices from the recycling sites.

With the derivation of reachability areas and their intersection with the population density as well as the potential waste, customer potentials can be determined. Especially the high resolution of these datasets should be mentioned. They are very useful input for other analyses besides the circular economy. Furthermore the open data provides an easy adaptable workflow for regions beside Rostock and the surrounding rural areas.

In the future, different enhancements are conceivable. This concerns especially for the survey which will be conducted in LRO to get comparable information for LRO as well. Furthermore, the parameter for the sites could be further specified, for instance for single waste fractions. With this information, statements about the capacity for the single waste fractions could be derived. The last step of the workflow will be the automation within a python script, to offer this service embedded into the web app which will be constructed through Prosper-Ro.

References

1. Tränckner, J.: PROSPER-RO: Prospektive synergistische Planung von Entwicklungsoptionen in Regiopolen am Beispiel des Stadt-Umland-Raums Rostock (2017)
2. Becker, M.: Brüssel will Reparaturpflicht für Elektrogeräte (2020). https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/eu-will-reparaturpflicht-fuer-elektrogeraete-a-00000000-0002-0001-0000-000169828696?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvViISjc8RPU89NcCvtlFcJ. Accessed 09 Mar 2020
3. Ellen MacArthur Foundation, McKinsey Center for Business and Environment: Growth Within: A circular economy vision for a competetive Europe, Isle of Wight (2015)

4. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen: KrWG (2012)
5. Schlitte, F., Schulze, S.: Siedlungsabfallaufkommen in Deutschland. Wirtschaftsdienst **94**(9), 680–682 (2014). https://doi.org/10.1007/s10273-014-1733-3
6. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2019) Daten zur Abfallwirtschaft 2018
7. Destatis (2020) Aufkommen an Haushaltsabfällen: Deutschland, Jahre, Abfallarten. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=32121-0001&zeitscheiben=2. Accessed 06 Mar 2020
8. Welle, F.: PET in Beverage Packagin. Kunststoffe Int. **98**(10), 106–109 (2008)
9. Buchert, M., Bleher, D., Dehoust, G. et al.: Demografischer Wandel und Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft: Ermittlung der Auswirkungen des demografischen Wandels auf Abfallanfall, Logistik und Behandlung und Erarbeitung von ressourcenschonenden Handlungsansätzen (2017)
10. Hoffmeister, J.: Demografie und Abfall: Wechselwirkungen zwischen sozio-demografischen Einflussfaktoren und dem spezifischen Abfallaufkommen. In: Versteyl, A., Thomé-Kozmiensky, K.J. (eds.) Planung und Umweltrecht, vol. 2. TK Verl. Karl Thome-Kozmiensky, Neuruppin (2008)
11. Erichsen, J.-O., Schlitte, F., Schulze, S.: Entwicklung und Determinanten des Siedlungsabfallaufkommens in Deutschland. Hamburg Institute of International Economics (HWWI) (2014)
12. Hinz, M., Bill, R.: Ein zentraler Einstiegspunkt für die Suche nach offenen Geodaten im deutschsprachigen Raum. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik (4): 298–307 (2018)
13. Bilitewski, B., Härdtle, G., Marek, K.: Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre. Springer: Berlin, Heidelberg (2000)
14. Stegert, M.: Nutzerorientierte Bedarfsplanung zur Ermittlung des Optimierungspotenzials von Recyclinghöfen. Bachelorarbeit (2019)
15. Raffler, C.: QNEAT3: IsoArea Algorithms (2018). https://root676.github.io/IsoAreaAlgs.html. Accessed 01 Jul 202
16. Kirchmayer-Novak, S.: Bewertung der Datenqualität der OpenStreetMap als Datengrundlage für einen Verkehrsgraph mit Hilfe offener Daten und Software: am Anwendungsbeispiel Einzugsbereiche von Park-and-Ride Anlagen im südlichen Wiener Umland. Masterarbeit (2014)
17. Ostseezeitung: Wertstoffhöfe im Landkreis werden digital. https://www.ostsee-zeitung.de/Mecklenburg/Bad-Doberan/Wertstoffhoefe-im-Landkreis-werden-digital (2019). Accessed 24 Jan 2020
18. LaIV: Gebäudemodelle. https://www.laiv-mv.de/Geoinformation/Geobasisdaten/gebaeude%E2%80%93modelle/ (2019). Accessed 24 Jan 2020

این اطلاعات برای سال ۲۰۱۸ تجزیه و تحلیل شده است و برای مقایسه آن با تجزیه و تحلیل در این کار بسیار مفید است [۱۴].

۲.۲ نظرسنجی

یکی از بخش‌های این کار ایجاد یک نظرسنجی بود که با هدف جمع‌آوری اطلاعات در مورد کاربران سایت‌های بازیافت انجام می شود. این نظرسنجی به صورت مصاحبه هدایت شده در خود سایت‌ها و به صورت یک نظرسنجی آنلاین طراحی شده بود. نظرسنجی " آینده سایت بازیافت[۱]" با EvaSys ایجاد شد که یک ابزار وب[۲] برای ایجاد نظرسنجی‌های آنلاین است و امکان نتیجه‌گیری آماری از اطلاعات جمع آوری شده را فراهم می‌کند.

نظرسنجی شامل چهار دسته مختلف سوال است. بخش اول، شامل اطلاعات عمومی کاربر، مانند کدپستی است. از کدپستی برای تعیین محل و پیش‌بینی منبع پسماند استفاده می شود. همچنین سن و موقعیت مسکونی کاربر مورد توجه است. این اطلاعات برای ارزیابی ارتباط با اجزای پسماند[۳] و میزان پسماند مهم است. یک اطلاعات ارزشمند دیگر این است که آیا فرد دارای باغچه است که پارامترهای احتمالی از آن استخراج شود. بخش دوم نظرسنجی بر روی اجزای مختلف پسماند که توسط کاربر آورده می‌شود و در مورد آمادگی برای آوردن و بردن دستگاه‌های کاربردی و الکتریکی متمرکز است. بخش سوم در مورد راه‌هایی است که کاربران چگونه از سایت‌های بازیافت مطلع می‌شوند و چگونه به سایت می‌رسند (با ماشین، با حمل و نقل عمومی). بخش چهارم، در مورد رضایت مشتری از خدمات و دسترسی به سایت بازیافت است. همچنین امکان ارائه توصیه های برای بهتر شدن وجود دارد. تمام این اطلاعات برای استخراج پارامترهای احتمالی و شناسایی فاکتورهای مرتبط و میزان پسماند قابل انتظار استفاده می‌شود. در آینده، یک کمپین نظرسنجی دیگر در LRO قصد دارد تفاوت‌ها و ویژگی‌های

[1] Recycling site of the future
[2] web tool
[3] waste

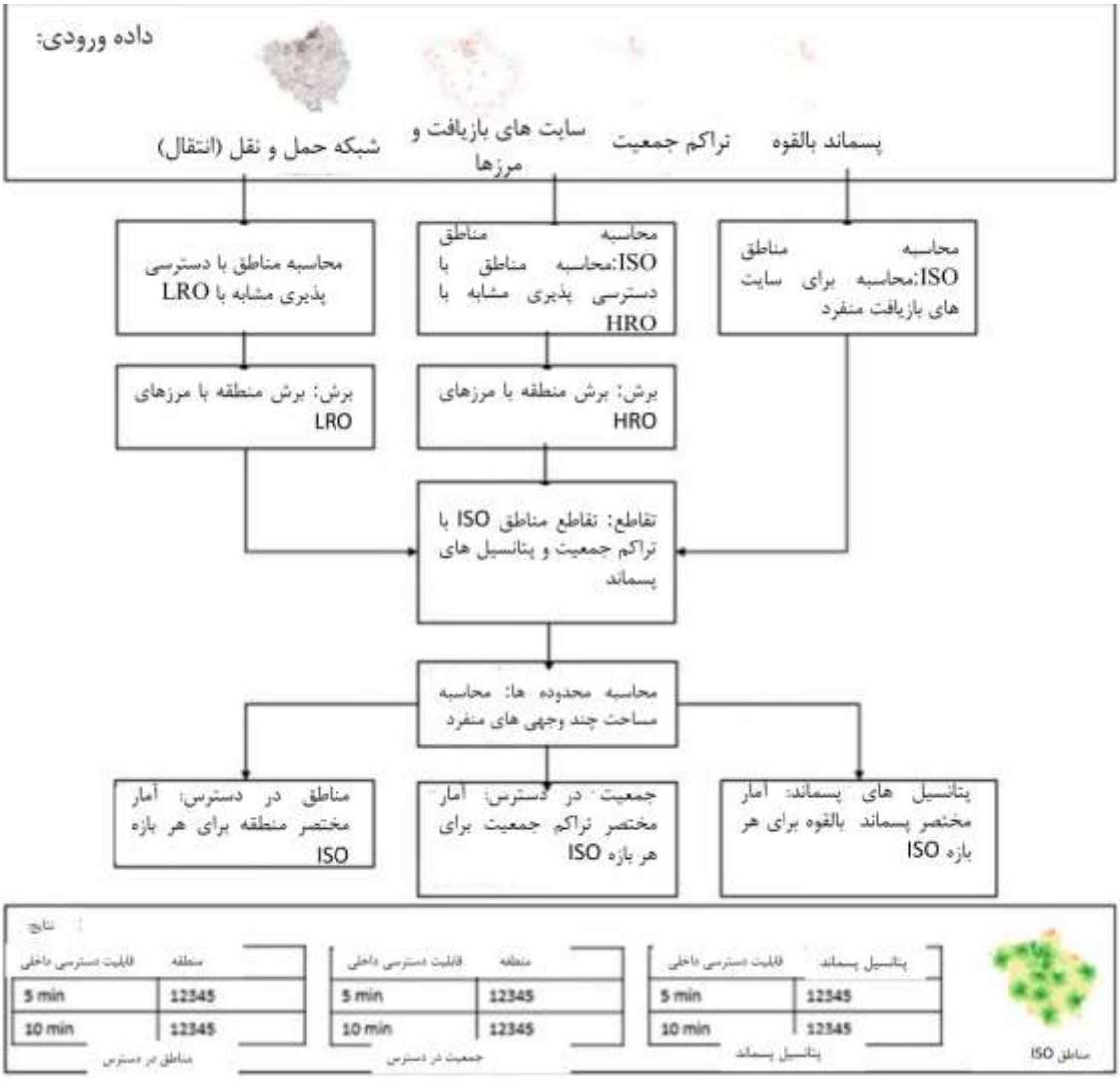
مشترک در سایت‌های بازیافت و نحوه شناسایی آن‌ها توسط کاربران را نشان دهد. همچنین، تمرکز بر نیازهای مشتری و چگونگی گسترش سایت به یک مرکز خدمات است.

۳.۲ تحلیل های مکانی [۴]

یکی از مهم‌ترین بخش‌های این کار، محاسبات مناطق دسترسی و میزان پسماند و استفاده کنندگان احتمالی است. با این اطلاعات، امکان سایت‌های بازیافت جدید و همچنین گسترش سایت‌های موجود می‌تواند پیشنهاد شود. کل جریان کار در شکل ۲ نشان داده شده است. اول از همه، مناطق دسترسی یکسان (مناطق ISO) با QGIS افزونه QNEAT3 استخراج می‌شوند. اطلاعات بیشتر در مورد خود الگوریتم درمرجع [۱۵] آمده است.

با توجه به اینکه کاربران باید برای زباله هایی که به سایت های خارج از حوزه اداری خود می آورند هزینه کنند، مرزهای شهر روستوک[۵] به عنوان مرزهای سخت تلقی می‌شوند. این امر منجر به مقدار کم زباله های فرامرزی[۶] می شود [۱۴]. برای دستیابی به این امر، محاسبه برای HRO و LRO به‌طور جداگانه انجام می‌شود. این مساله باید به دسترسی بدتر در مناطق مرزی منجر شود. مناطق ISO در مراحل ۵ دقیقه‌ای (<۵ دقیقه (کمتر از۵ دقیقه) ؛ ۱۰-۵ دقیقه؛ ۱۵-۱۰ دقیقه؛ ۲۰-۱۵ دقیقه؛ ۲۵-۲۰ دقیقه؛ ۳۰-۲۵ دقیقه؛ > ۳۰ دقیقه (بیش‌تر از۳۰ دقیقه)) طبقه بندی می‌شوند. علاوه بر این، یکی از راه‌ها به عنوان جاده‌های معمولی در ارتباط با کیفیت داده پایین‌تر OSM در نظر گرفته شد. مرحله بعدی تلاقی مناطق ISO با پسماند بالقوه و تراکم جمعیت است. علاوه بر این، این محاسبه برای هر سایت بازیافت واحد در HRO انجام می‌شود. این امر منجر به یک فرض در مورد پوشش منطقه مورد مطالعه و همچنین مقادیر بالقوه پسماند و تعداد کاربران برای سایت‌های بازیافت واحد می‌شود.

[4] Spatial Analyses
[5] Rostock
[6] cross border

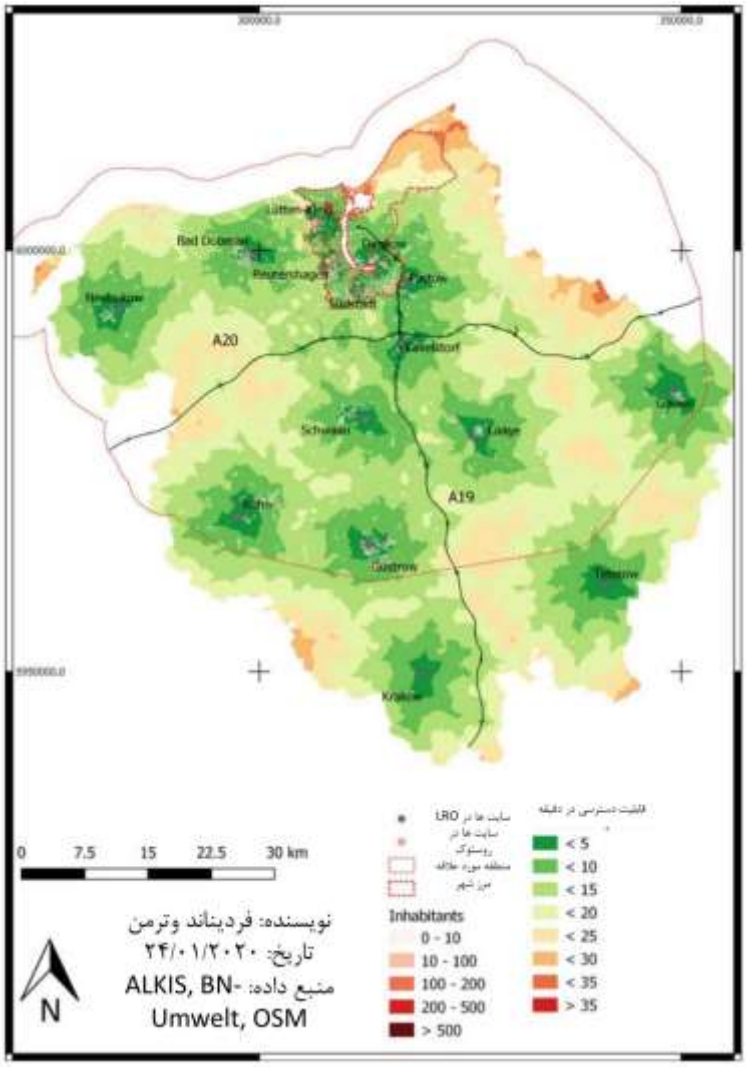


شکل ۲. جریان کار GIS برای استخراج مناطق دسترسی.

۳. نتایج

قابل دسترس بودن سایت‌های بازیافت در HRO و LRO، خوب ارزیابی می‌شود (شکل ۳). ۹۸٪ از جمعیت می‌توانند در مدت ۱۵ دقیقه در HRO و ۷۱٪ در LRO به امکانات دسترسی پیدا کنند. با فرض یک راه قابل قبول طولانی‌تر که شامل ۲۰ دقیقه تا نزدیک‌ترین سایت بازیافت است، ساکنان در دسترس در LRO به ۸۷٪

افزایش می‌یابد. در HRO، ۶۸٪ از منطقه شهر و ۶۰٪ از منطقه LRO در محدوده ۱۵ دقیقه ISO قابل دسترسی هستند. توزیع در کل منطقه نشان می‌دهد که چندین محل با قابلیت دسترسی کمتر وجود دارد. این محل‌ها به منطقه در شمال شرقی، در بخش غربی در اطراف بزرگراه A20 و مناطق کم جمعیت در جنوب مربوط می‌شوند.



شکل ۳. قابلیت دسترسی به سایت های بازیافت در HRO و LRO

تعداد ساکنانی که می‌توانند در ۲۵ دقیقه و بیش‌تر به مرکز بازیافت برسند در LRO برابر با ۴٪ و در HRO کم‌تر از ۱٪ است. علاوه بر این، در مرز بین HRO و LRO، افت عرضه مشاهده می‌شود. این امر در مورد مناطق مرزی LRO به سایر بخش‌ها نیز صدق می‌کند. برای ارزیابی وضعیت سایت‌های بازیافت منفرد، تعداد افراد تحت پوشش و همچنین پتانسیل پسماند محاسبه شد. به دلیل کمبود داده در LRO، این محاسبه فقط برای شهر روستوک پردازش می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲: پتانسیل پسماند، پتانسیل مشتری و پارامترهای ممکن برای سایت های بازیافت در روستوک

سایت	پتانسیل مشتری	پتانسیل پسماند	مساحت سایت در مترمربع	فاکتور مساحت سایت	مساحت رفت و آمد در مترمربع	فاکتور مساحت اشغال	مساحت کانتینر در مترمربع	فاکتور مساحت کانتینر
Lütten Klein	85,534	72,512	5752	13	4539,08	16	530	137
Dierkow	90,315	83,917	4378	19	3844,4	22	369	227
Südstadt	72,485	80,551	1941	42	1607,78	50	282	286
Reutershagen	82,135	88,748	2293	39	1871,24	47	373	238

برای به‌دست آوردن اطلاعات در مورد ظرفیت، از مساحت سایت‌های بازیافت برای به‌دست آوردن تعداد تقریبی کاربران احتمالی استفاده شد. پتانسیل مشتری و پتانسیل پسماند از میزان دسترسی منطقه ۱ (۵ دقیقه)، ۵۰٪ منطقه ۲ (۱۰ دقیقه) و ۱۰٪ منطقه ۳ (۱۵ دقیقه) به‌دست می‌آید. این مربوط به کاربرانی است که می‌توانند بین سایت‌های مختلف رفت و آمد کنند. از این نتایج، پارامترهای ممکن به‌دست می‌آیند. پارامترها، میزان پسماندی را که می‌تواند ذخیره شود و مهم‌تر از آن عامل نفوذپذیری کاربران را توصیف می‌کنند – اینکه چقدر سریع می‌توانند پسماندهای خود را بررسی کنند، پسماندهای خود را تخلیه کنند و سایت را ترک کنند. بنابراین، منطقه مورد استفاده برای تردد بیشتر منطقی به نظر می‌رسد. اما در بررسی دقیق‌تر، این عامل به شدت از سایتی به

سایت دیگر متفاوت است. با این فرض که تنها دو تا از سایت‌ها به طور موقت شلوغ هستند و در آینده افزایش می‌یابند، این عامل بی‌اهمیت است.

همچنین، محدوده کامل سایت هیچ چیز ارزشمندتری ارائه نمی‌دهد. تنها عاملی که نتایج قابل مقایسه ای را ارائه می‌دهد، مساحت سطل (کانتینر[۷]) است. فقط سایت بازیافت در "Lütten Klein" فضای کانتینر بسیار بیش‌تری را برای هر کاربر بالقوه در مقایسه با سایت‌های دیگر ارائه می دهد. سایت "Südstadt" سایتی است که در مرحله بعدی افزایش می یابد، بنابراین، به احتمال زیاد تعداد بالای مشتری به‌ازای مساحت کانتینر پس از گسترش کاهش می یابد. تحت این شرایط کلی، پارامتر ۲۵۰ مشتری به‌ازای هر متر مربع کانتینر منطقی به‌نظر می‌رسد. این بدان معنی است که سایت های بازیافت در روستوک، به جز "Südstadt"، پتانسیل برای کاربران بیشتر را دارند (جدول ۲). برای حمایت از این یافته ها، نتایج نظرسنجی وارد عمل می شود. در طی دو ماه، ۲۰۲ پرسشنامه قابل ارزیابی تکمیل شد. متأسفانه، نظرسنجی به اندازه مورد نیاز نیست. به‌خصوص توزیع سنی مشکل ساز است. ۳۷/۱٪ از مشتریان سؤال شده ۴۵ تا ۶۵ سال و ۳۸/۶٪ بیش از ۶۵ سال سن دارند. در مقابل، گروه مشتریان ۱۵ تا ۲۵ ساله تنها ۲ درصد سهم دارند. علاوه بر این، توزیع مکانی نشان می‌دهد که اکثر مشتریان از نزدیک‌ترین سایت بازیافت استفاده می‌کنند. این امر از محاسبه کاربران بالقوه پشتیبانی می‌کند. مشکل مرزهای سخت بین شهر و مناطق روستایی نیز در نظرسنجی قابل شناسایی است: تنها ۲٪ از مشتریان از خارج از HRO هستند.

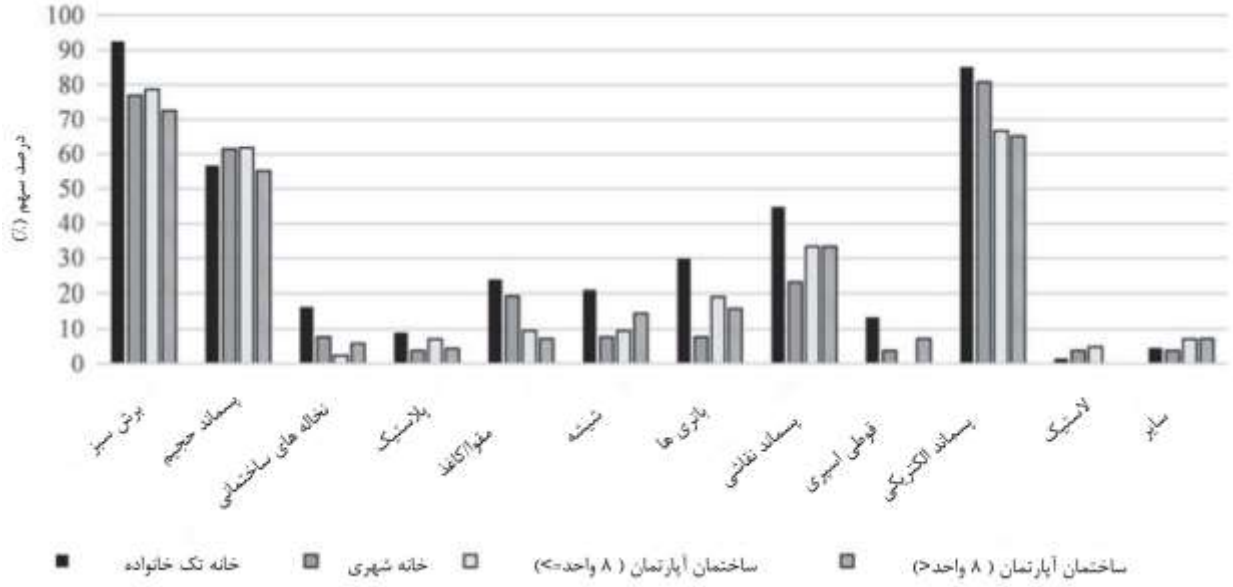
به‌طور کلی، مشتریان در HRO از کیفیت سایت‌ها راضی هستند. ۶۸٪ از مشتریان مصاحبه شده هیچ امیدی برای بهبود ندارند. همچنین، دسترسی به سایت‌ها مهم‌ترین اصل سایت ها به نظر می رسد. به‌دلیل دسترسی خوب، وضعیت در HRO بسیار خوب به‌نظر می‌رسد. بین سایت‌ها، هیچ تفاوتی قابل شناسایی نیست. این رضایت از سایت‌ها همچنین از فاکتور انتخابی ۲۵۰ مشتری بالقوه به‌ازای هر متر مربع کانتینر پشتیبانی می‌کند.

[7] container

یکی از مهم‌ترین بخش‌های نظرسنجی، نوع پسماند به‌همراه وضعیت سکونت مشتری است. کسر اصلی پسماند برش سبز[8] (٪۸۰)، پسماند الکتریکی (٪۷۴)، پسماند حجیم (٪۵۸) و پسماند نقاشی (٪۳۶) بود. در شکل ۴ مشاهده می‌شود که برش سبز عمدتاً توسط خانواده‌های تک خانوار تحویل داده می‌شود. این نیز به زباله های الکتریکی کمک می‌کند. تنها بخش پسماند که خانه های مجردی در آن سهم عمده ای ندارند، پسماند حجیم است. بنابراین ساختمان‌های آپارتمانی منبع اصلی هستند. پیش از این، این فرض که ساختمان‌های مسکونی بزرگ، به‌دلیل موقعیت اجتماعی پایین‌تر ساکنان خود، باعث ایجاد پسماندهای بیشتری می‌شوند، را تنها در مورد سایت‌های بازیافت نمی‌توان تأیید کرد. به‌نظر می‌رسد که آنها عمدتا پسماندهای خانگی را تولید می‌کنند یا مشتاقانه از سیستم آوردن (پسماند) استفاده نمی‌کنند. در استخراج پارامترهای سهم پسماند، ساختمان‌های آپارتمانی بزرگ همچنان به دلیل تراکم بالای جمعیت عامل اصلی هستند.

علاوه بر این، ٪۷۱ از مشتریان مصاحبه شده، وسایل الکتریکی کاربردی را به‌عنوان پسماند در نظر می‌گیرند. ٪۶۸ از مشتریان مصاحبه شده مایل به استفاده از دستگاه های الکترونیکی کارآمد هستند. برای تحقق این خواسته، باید اقدامات بهتری برای ارتقای سایت‌ها به مراکز خدماتی انجام شود.

[8] green cut



شکل ۴. توزیع پسماند بخش‌های مختلف خانه.

۴. بحث

در بخش بعدی، روش و همچنین نتایج ارائه شده به‌صورت انتقادی مورد بحث قرار خواهند گرفت. به‌خصوص، محاسبه مساحت‌های ISO را می‌توان با روش‌ها و داده های دیگر بهبود بخشید. زیرساخت ترافیکی و به‌ویژه کیفیت OSM و همچنین اطلاعات سرعت حاصل، گلوگاه روش است. رویکرد جمع سپاری(برون‌سپاری به مردم)[9] OSM منجر به خطاهایی در توپولوژی، موقعیت و نوع بزرگراه می‌شود [۱۶]. این خطاها را می‌توان با مجموعه داده های زیرساخت جاده تجاری مانند HERE برطرف کرد و یا حداقل کاهش داد. از سوی دیگر، این امر با استفاده از منابع داده عمدتا آزاد در این کار در تضاد است. علاوه بر این، ناقص بودن اطلاعات سرعت را می‌توان با روش نشان داده شده در بالا حل کرد. بعلاوه، استفاده از حمل و نقل عمومی می‌تواند درگیر باشد. اما

[9] crowdsourcing

بررسی نشان می‌دهد که ۹۰٪ از مشتریان از خودرو برای آوردن پسماند استفاده می‌کنند و تنها ۲٪ از آن‌ها از وسایل حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند. این منجر به این فرض می‌شود که اتصال و ارتباط به ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی ضروری به‌نظر نمی رسد.

تراکم جمعیت و میزان پسماند بالقوه براساس ALKIS است. این منجر به سه خطای بالقوه می‌شود. اولین مورد این است که داده ها در ALKIS لزوما نباید با وضعیت واقعی مطابقت داشته باشند، زیرا به تغییرات در ثبت زمین وابسته هستند. علاوه بر این، فاکتورهای تراکم به‌صورت دستی براساس تجربه به کمک BN-Umwelt استخراج می‌شوند. این پارامترها به دلیل کمبود داده به‌طور دقیق تجزیه و تحلیل نمی‌شوند. این امر در سال‌های بعد به دلیل دیجیتالی شدن سایت‌های بازیافت در HRO و همچنین در LRO تغییر خواهد کرد [۱۷]. با این کار، یک رویکرد آماری امکان‌پذیر خواهد شد. مشکل سوم، صحت مساحت چند وجهی‌های[10] تراکم از ALKIS را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنها براساس ساختمان‌های مجزا نیستند، بنابراین مناطق سبز اطراف ساختمان‌ها نیز به‌عنوان جمعیت تخمین زده می‌شوند. برای خانه های تک خانواده و همچنین خانه های شهری[11]، این مساله مشکل ساز نیست، اما برای ساختمان‌های بزرگ‌تر، مشکل به‌وجود می‌آورد. برای بهبود دقت مساحت اشکال ساختمان و تعداد طبقات آن‌ها می‌توانند ترکیب شوند [۱۸].

نکته دیگر برای بحث در مورد نفوذپذیری سایت‌های بازیافت است. به‌نظر می‌رسد مدل پارامتر انتخاب شده در رابطه با عوامل تأثیر بالقوه نسبتاً ساده است. به‌عنوان مثال، ساعات شلوغی در نظر گرفته نمی‌شود. به‌عنوان مثال، این امر در بعدازظهرهای شنبه، زمانی‌که اکثر مشتریان پسماندهای خود را تحویل می‌دهند، صدق می‌کند. علاوه بر این، مقدار برش سبز فصلی[12] است. به خصوص در فصل بهار و پاییز این مقدار بیشتر خواهد بود [۱۴]. در واقع، فقط می‌توان فاکتورهایی با حاشیه اطمینان ایجاد کرد که این ساعات شلوغی را شامل می‌شود.

[10] polygons
[11] townhouses
[12] seasonality

از این نظرسنجی، استنتاج بیانیه ای در مورد تفاوت‌های بین اجزای پسماند از مکان‌های منفرد دشوار است. مشتری فقط باید پاسخ دهد که کدام بخش را تحویل می‌دهد و نیازی نیست بیان کند که میزان پسماند چقدر است. برخلاف داده‌های سال ۲۰۱۸، "Dierkow" سایتی است که بیش‌ترین میزان برش سبز را دارد. بین سایت‌های دیگر، هیچ تفاوت بزرگی قابل مشاهده نیست. کم‌ترین مقدار برش سبز در سال ۲۰۱۸ به سایت بازیافت "Südstadt" تحویل داده شد [۱۴]. مساحت باغات در مجاورت این سایت نیز در مقایسه با سایر سایت‌ها کمتر است. این امر منجر به این فرض می‌شود که نظرسنجی قادر به ارائه اطلاعات معقول در مورد مقادیر پسماند نبود. این تنها با داده های سایت بازیافت دیجیتال امکان‌پذیر است. متأسفانه، توضیحی در مورد عناصر اجتماعی مانند سن نمی‌تواند ارایه شود. تنها امکان دریافت اطلاعات در مورد وضعیت مسکن به همراه اجزای پسماند وجود داشت.

۵. نتیجه گیری

روش نشان داده شده در این مقاله امکان پیش‌بینی و ارزیابی جریان‌های پسماند در روستوک و مناطق روستایی اطراف شهر را فراهم می‌کند. کل مطالعه یک جریان کاری را ارائه می‌دهد که چگونه تصمیمات در مورد برنامه ریزی و گسترش سایت‌های بازیافت می‌توانند پشتیبانی شوند. این به راحتی می‌تواند در سیستم پشتیبان تصمیم گیری در حال توسعه در پروژه Prosper-Ro ادغام شود. علاوه بر این، کار ارائه شده پارامترهای طراحی بالقوه را برای سایت‌های بازیافت در روستوک نشان می‌دهد. به همراه نظرسنجی، اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع پسماند و همچنین عوامل ایجاد پسماند به‌دست آمد. همچنین، این نظرسنجی توانست رضایت کلی ساکنان روستوک را از سایت‌های بازیافت خود مشخص کند. با این کار، عوامل بالقوه برای دستیابی به هدف برای ایجاد یک اقتصاد چرخشی در اروپا شناسایی می‌شوند، به عنوان مثال، آمادگی مشتریان برای برداشتن دستگاه‌های الکتریکی کاربردی از سایت های بازیافت.

با استخراج مناطق دسترسی و تلاقی آنها با تراکم جمعیت و همچنین پسماند بالقوه، پتانسیل‌های مشتری را می‌توان تعیین کرد. به‌خصوص باید به وضوح بالای این مجموعه داده ها اشاره کرد. آنها علاوه بر اقتصاد چرخشی، برای تحلیل‌های دیگر بسیار مفید هستند. علاوه بر این، داده‌های باز یک جریان کار قابل انطباق آسان برای مناطق کنار روستوک و مناطق روستایی اطراف فراهم می‌کند.

در آینده، پیشرفت‌های متفاوتی قابل تصور است. این کار به‌ویژه برای نظرسنجی در LRO انجام خواهد شد تا اطلاعات قابل مقایسه برای LRO را نیز به‌دست آورد. علاوه بر این، پارامتر دیگری برای سایت‌ها می‌تواند مشخص شود به‌عنوان مثال برای اجزای منفرد پسماند. با این اطلاعات، اظهاراتی در مورد ظرفیت برای اجزای منفرد پسماند می‌تواند استخراج شود. آخرین مرحله از جریان کار، اتوماسیون در یک اسکریپت پایتون[۱۳] خواهد بود، تا این سرویس را در برنامه وب که از طریق Prosper-Ro ساخته می‌شود، ارائه دهد.

[13] python