

Předcházení vzniku stavebně demoličního odpadu pomocí digitalizace a automatizace

Ing. Stanislav Bedřich, STRABAG a.s, stanislav.bedrich@strabag.com

Souhrn

Pomocí digitalizace a automatizace procesů v rámci celého životního cyklu staveb je snaha optimalizovat využívání informací tak, aby byla tato data jednoduše využitelná buď pro snížení vzniku odpadů ze staveb (předcházení odpadu), nebo aby existoval dostatek informací k materiálům a výrobkům, které byly využity ve stavbě a to na konci jejího životního cyklu nebo v rámci různých rekonstrukcí či přestaveb. Současně s tím je tak klíčovou snahou zlepšit plánování a zacházení se vzniklými odpady. Ve vlastním příspěvku budou prezentovány poznatky z evropského projektu RECONMATIC v této oblasti, a to s postupným propojením přístupů efektivního využití informací s procesy BIM. Projekt jako takový má širší zaměření a představuje změnu paradigmatu v řízení stavebně demoličních materiálů, od tradičně konzervativního přístupu stavebně demoličních odpadů, obdobně konzervativního přístupu stavebního průmyslu, k stavební výrobě, která se snaží dosáhnout cíle vysoké míry využití odpadů a k přijetí pohotového přístupu k využití odpadů. Technologie, které mají být použity v tomto projektu (vytváření a práce s digitálním dvojčetem stavby, aplikace založené na blockchain, přesná prefabrikace, efektivní třídění prostřednictvím automatizace a robotiky atd.), představují část témat, na která se projekt zaměřuje.

Klíčová slova: RECONMATIC, waste, reuse, recycling, digitization, construction, demolition, WASTEie, LCA

Projekt RECONMATIC

Stavebnictví je hlavním spotřebitelem nerostných a jiných neobnovitelných zdrojů v EU a v roce 2018 vyprodukovalo přibližně 35,7 % celkového odpadu v Evropské unii, většina z nich vzniká ve fázích výstavby a demolice stavby. V České republice je v oblasti stavebnictví vyprodukováno zhruba 46 % v roce 2021 (43 % v roce 2020) z celkového množství odpadů [1]. Přestože existuje řada iniciativ zaměřených na řešení problematiky stavebního a demoličního odpadu (SDO), stále převažuje skládkování nebo neefektivní využívání SDO tzv. downcycling. Současná neuspokojivá situace v oblasti SDO má tyto hlavní příčiny:

- nedostatečné předcházení vzniku odpadů a plánování během celého životního cyklu staveb,
- nízká hodnota opětovně použitých materiálů/výrobků,
- nízkou úroveň recyklace, resp. neefektivní recyklace.

Jedním z cílů projektu RECONMATIC a do značné míry i pro jeho úspěšné hodnocení je nalézt taková řešení, která budou snadno přijatelná pro všechny zúčastněné strany zapojené do procesů vzniku a řízení SDO a následně tak plnit očekávané budoucí cíle EU pro vysoké využití SDO (který mají být stanoveny Evropskou komisí v roce 2024 nebo později) a především stavu nulového množství SDO do roku 2050. To je ambicí projektu RECONMATIC, který je zcela v souladu s rámcovým programem EU pro odpady. směrnicemi (Evropská komise, 2019) a Akčním plánem pro oběhové hospodářství (Evropská unie, 2020).

Na cestě k dosažení nulového SDO existují velké výzvy:

1. roztržitost stavebních odvětví a nedostatečná spolupráce mezi zúčastněnými stranami,
2. nedostatečné hledání způsobů a plánování pro minimalizaci SDO během celého životního cyklu budov a infrastruktury,
3. nechuť ke špičkovým technologiím v odvětví a spoléhání se na stroje obsluhované lidmi nebo na ruční práci,

4. pomalé zavádění digitálních řešení v důsledku konzervatismu místních orgánů/investorů i dodavatelů stavebních prací a konečně
5. rozpory mezi legislativními požadavky a technologickou připraveností odvětví, které vedou ke zmatkům a setrvačnosti vůči přijímání opatření k dosažení nulového odpadu.

Všechny tyto výzvy jsou v rámci projektu RECONMATIC řešeny vývojem nástrojů založených na digitalizaci, která umožní přijímat rozhodnutí se zaměřením na minimalizaci SDO během celého životního cyklu. Předpokládané metody a nástroje sladí různé požadavky na použité technologie, nákladovost, BOZP, udržitelnost, legislativu a ekonomické potřeby všech zúčastněných stran. Z tohoto důvodu je projekt RECONMATIC strukturován do několika pracovních balíčků (skupin) zaměřených na všechny fáze životního cyklu ve stavebnictví a zabývajících se automatizací a digitalizací, řešení pro efektivnější nakládání s SDO a zhodnocování materiálů, včetně jejich posouzení. Klíčové technologie a nástroje budou demonstrovány za účelem získání zpětné vazby od všech partnerů. Úspěšné dokončení projektu RECONMATIC bude dosaženo následujících cílů:

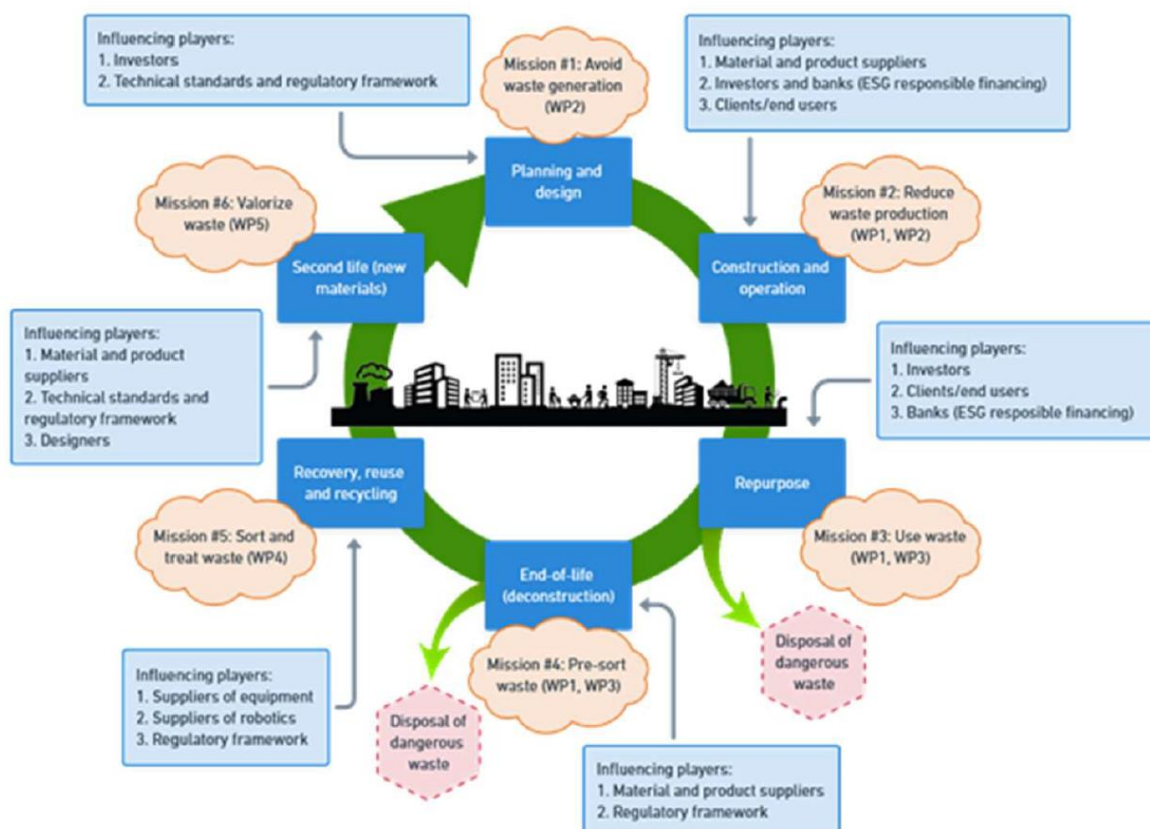
1. Integrované rozhodování zohledňující všechny aspekty SDO, čímž se odstraní problémy způsobené v důsledku segmentace stavebního průmyslu. Integraci umožní systém založený na digitálním dvojčeti. Proces plánování a projektování budov a infrastruktury určí, jaký druh a množství SDO vzniká a jak se bude postupovat při jeho využití. Pochopení následných fází životního cyklu, jakož i dostupnosti informací o druhotných materiálech nebo možném opětovném využití stavebních výrobků bude výrazně minimalizovat množství odpadu ještě před zahájením stavebního procesu.

2. Integrované řízení životního cyklu SDO postavených konstrukcí založené na řešeních založených na BIM umožní získávat data a nakládání s daty (sdílení, shromažďování, využívání a vyhodnocování) během životního cyklu stavby. S ohledem na tento cíl, RECONMATIC navrhuje vytvoření digitálního informačního prostředí, v němž bude mít stavba vždy buď digitální dvojče v plném měřítku, nebo zjednodušené digitální dvojče, obojí s důrazem na data relevantní pro nakládání s odpady.

3. Sledování materiálů a konstrukčních prvků, které umožní budoucí rozhodování o jejich demontáži, opětovném využití. Recyklaci a mít tak záruku v recyklované materiály a výrobky zhodnocující SDO.

4. Efektivní nakládání s odpady mimo stavbu. Prostřednictvím minimalizace odpadů, lepšího plánování činností na místě během dekonstrukce, aby se zabránilo kontaminaci, třídění a separaci odpadu mimo stavbu se předejde mnoha problémům. spojeným se stávající praxí a vytvoří se vstupní materiály z SDO pro výrobu vysoce hodnotných výrobků, druhotných materiálů a výrobků.

5. Dosažení společného cíle nakládání s SDO prostřednictvím celkové optimalizace při reflektování a zohlednění různých zájmů. různých zúčastněných stran.



Obr. 1: Projekt RECONMATIC z pohledu životního cyklu stavebních konstrukcí [2]

Jaká máme možnosti s BIM a digitalizací ve stavebnictví ve vztahu odpadům

Digitalizace stavebnictví a BIM nám otvírá možnosti pro zefektivnění procesů plánování a řízení staveb či stavebních objektů obecně. Nabízí se tedy i možnost řízení a optimalizace v oblasti odpadů. Vytvoření nástrojů a databází, které nám pomohou predikovat vznik odpadů na stavbách či nám pomohou navrhovat stavební dílo s ohledem na životnost, opětovné využití produktů či recyklovatelnost. Využití je však na nás a na ochotě všech zainteresovaných stran efektivně tyto nástroje vytvořit, udržovat v aktuálním stavu a samozřejmě využívat.

Využití nástrojů BIM je hlavním bodem navrhovaných nástrojů pro nakládání s odpady a pomocí dat generovaných z databáze Materials Data Bank (MDB) a Waste Predictor (viz obr. 3) spolu se simulačními nástroji z generativního designu bude směřovat k holistickému přístupu k definování, kvantifikaci a vizualizaci životního cyklu odpadů v projektech.

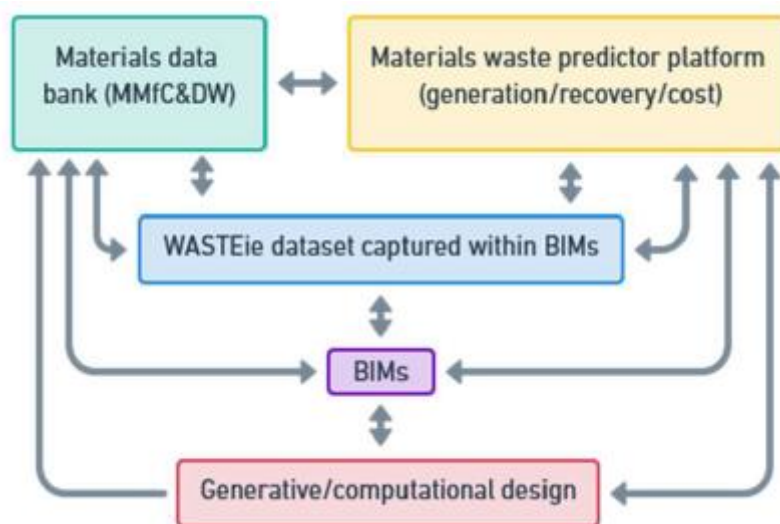
Již samotný nástroj waste predictor nám umožňuje stanovit převládající druh odpadu na stavbě a plánovat tak jeho samotnou likvidaci. Problémem staveb zejména ve městech je, že není dostatek prostoru pro třídění odpadu. Všechny odpad je shromažďován v jedné nádobě. a je následně tříděn v

Řešení Generativního designu nám umožňuje využívat variant, které mohou zohlednit desítky, stovky nebo dokonce tisíce iterací návrhu s ohledem na optimalizaci odpadů návrhů v řádu minut nebo hodin. Vždy se zohledněním požadovaných parametrů stavby. Taková úroveň generování variant by při použití tradičních návrhových pracovních postupů trvala řádově déle, a i pak by optimální řešení mohla kompetentnímu návrhářskému týmu uniknout.

Od generativní designu je jen kousek od strojového učení a rozhodování řízeného umělou inteligencí během procesu návrhu. BIM nám umožňuje řídit a využívat datovou sadu WASTEie a vstupuje do a z nástrojů MDB a Waste Predictor, takže všechny aspekty řešení využívají stejná data. Mezi MDB a

nástroje pro predikci odpadů existují vazby, které zajišťují, že nástroje pro predikci odpadů zohledňují nejnovější údaje o výrobcích a produktech, a stejně tak lze výstupy z prediktorů sdílet a ukládat do MDB. Vazby mezi nástroji BIM / MDB / prediktory a generativním navrhováním jsou velmi důležité, protože poskytují vstupy a omezení, které je třeba vzít v úvahu při vytváření variant pomocí generativního přístupu k navrhování. Vzájemně propojená řešení budou zahájena úplným vyhodnocením stávajících údajů, které budou tvořit základ počátečního MDB a Predictor Tools.

Nástroje MDB a Predictor jsou vyvíjeny jako prototyp systému ze stávajících dat uložených, nyní v programu Excel. Tato data jsou doplňována o údaje získaných od cílových výrobců z celé EU a Spojeného království. Data budou propojena s BIM pomocí nového WASTEie, která bude vyvinuta na základě zavedených principů použitých při tvorbě COBie a připravované datové sady WASTEie. Poslední prvek, generativní Design, vyvinutý ve spolupráci se společností BIMBox, poskytuje příležitost k exponenciálnímu rozvoji v oblasti projektování. designu, který povede ke snížení rizik a k přidané hodnotě životního cyklu jakéhokoli odpadu a recyklace. projektu, přičemž se využijí stávající "nejlepší aplikace ve své třídě" pro navrhování a použijí se novým způsobem k optimalizaci vzniku odpadů. během projektování. Toho bude dosaženo definováním omezení (vstupů) a požadovaných výsledků (výstupů) ze strany projektantů. projektů, které povedou k optimalizaci odpadů.



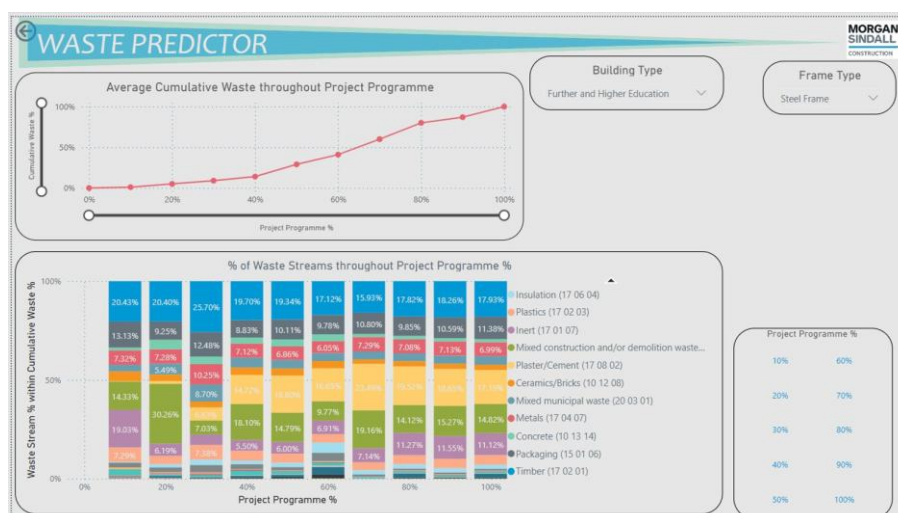
Obr. 2: Vzájemný vztah jednotlivých nástrojů a databází [2]

Velmi důležité je rozdělení dat tak aby byly dlouhodobě udržitelné, a tedy aktualizovány zainteresovanými stranami. Data, která nám pomohou identifikovat materiály a vlastnosti jednotlivých produktů je třeba dostatečně specifikovat před zahájením stavby a rozhodování o návrhu spolu s procesy nakládání s odpady, aby se minimalizovala nebo vyloučila tvorba odpadů v průběhu celého životního cyklu projektu a umožnilo se jejich zachycení a efektivní recyklace. Úložiště všech údajů o odpadech a recyklaci od výrobců a jejich výrobků (Materials Data Bank – MDB) bude sloužit vedle sady predikčních nástrojů, které zohledňují klíčové aspekty projektu a umožňují efektivní predikci vzniku odpadů, recyklace / využití a jejich výsledných nákladů na základě vstupů pro projekt, a bude z nich vycházet. Výsledkem je tedy nový generativní design, který poskytuje urychlený náhled na optimalizaci odpadů během projektování.

Nástroj pro predikci stavebních odpadů

Nástroj pro predikci odpadů je jedním z základních nástrojů, který pomáhá predikovat vznik odpadů na stavbě a pracuje s daty z předchozích realizovaných projektů. Predikování je tedy založeno na skutečných datech. Data jsou ovlivněna druhem stavby, typem konstrukce a samotným uspořádáním stavby a samozřejmě možnostmi stavby a schopností realizačních firem odpad separovat a třídít dle příslušného druhů odpadů (prostorové možnosti a dopravní vzdálenosti). Faktory, které toto ovlivňují jsou tedy nejen v návrhu díla, ale v procesech a postupech na stavbě samotné.

Waste predictor je navrhován tak, aby pomohl s lepším předvídáním vzniku, plánováním a nakládáním s odpady. Systematicky porovnává a sleduje stavební odpad v průběhu celého projektu (trend vs. skutečnost). Identifikuje, kdy se v průběhu projektu vyskytují různé druhy odpadu a tím pomáhá při rozhodování a zvolení adekvátních postupů.

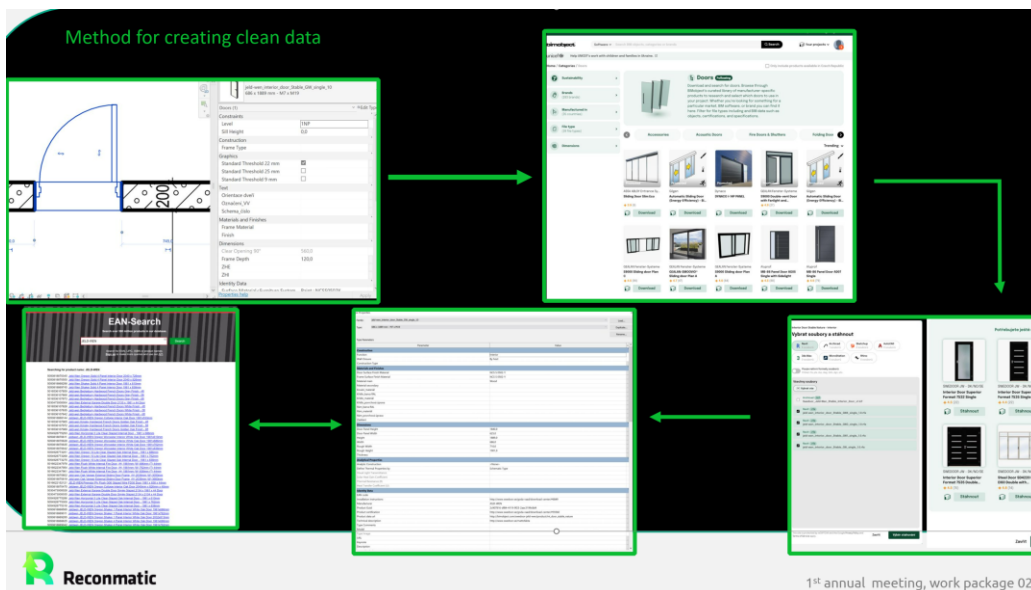


Obr. 3: Ukázka predikce vzniku různých druhů odpadů během stavby v aplikaci Waste predictor (Morgen Sindall) [3]

Dalšími výhodou těchto nástrojů je, že na základě výstupů je možné také snižovat emise CO_{2ekv} , které jsou spojeny se vznikem odpadů a jsou jedním z hodnotících kritérií staveb.

Informace o produktech a jejich materiálech

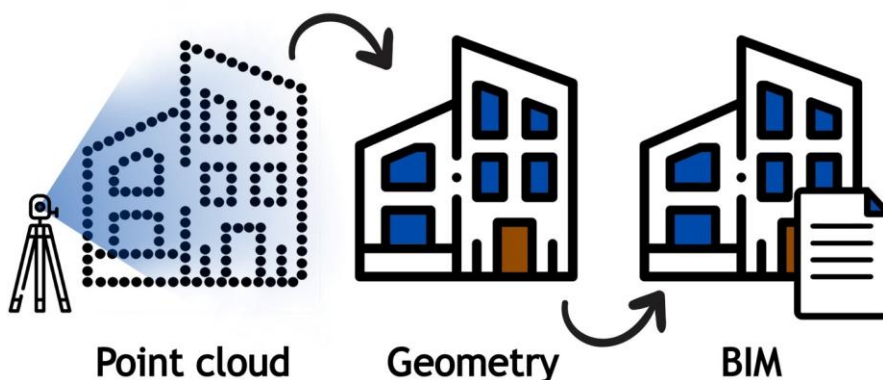
Velmi významnou částí projektu, která nám má pomoci při vyhodnocování jednotlivých produktů a jejich vhodnosti a využití je databáze produktů. Informace o materiálovém složení, recyklovatelnosti, využitelnosti, životnosti jsou základními parametry, které nám pomohou vybrat vhodný produkt dle zadání investora či projektanta. Pro představu životnost produktu (výrobku) je definována pěti různými způsoby uvedenými v normách ISO 6707-1 a ISO 15686-1 i zde tedy musí být jasné jaký parametr vyhodnocujeme. Tato standardizace nám pomůže předcházet vzniku odpadu tím, že umožní efektivnější rozhodování při výběru produktu, ale zároveň nám umožní plánování při ukončení životnosti produktu při renovaci či demolici. Významnou částí je vydefinování základních negrafických informací k základním materiálům. Zatím máme vytypováno 10 základních skupin (beton, ocel, plast atd.), pro které jsou stanovovány parametry. Dle LCA fáze stavby, v které nástroje budeme používat budou voleny úrovně grafické a informační podrobnosti modelu (LOD). Aby nástroje a databáze byly využitelné pro všechny budoucí uživatele je využíván pro tvorbu otevřený standard pro výměnu CAD/BIM dat definovaný mezinárodní organizací buildingSMART. Jedná se o otevřený dokumentovaný formát, ve kterém lze ukládat informace o stavbě, a to nejen informace grafické, ale také negrafické; vývoj formátu probíhá tak, aby byly jednoznačně stanoveny potřebné prvky staveb a jejich vlastnosti. Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu je definován normou ČSN EN ISO 16739-1.



Obr. 4: Vztah mezi modelem a informacemi o produktu

Tvorba digitálních dvojčat a využití tohoto nástroje pro řízení demoličních prací

Velmi důležitou součástí projektu RECONMATIC je tvorba tzv. digitálního dvojčete stávajícího objektu, který má být demolován. Spojení předdemoličního auditu a vytvoření digitálního modelu buď za pomoci stávající papírové dokumentace nebo 3D skenování. Přiřazením příslušných atributů a identifikací jednotlivých druhů materiálů nám umožní přesněji naplánovat postupy demoličních prací, stanovit množství druhů materiálů a přizpůsobit tak třídění SDO na stavbě. V procesu nám opět poslouží knihovny materiálů a produktů. Vzhledem k tomu, že vytvoření modelu je pouze pro účely demolice je využívána nižší úroveň přesnosti a informace. Tím se zrychlí čas pro vytvoření modelu a zpracování základních informací.



Obr. 5: Proces převodu mračna bodů do model BIM [4]

Závěr

Nástroje a databáze vyvíjené v rámci projektu RECONMATIC jsou tvořeny tak aby byly využitelné ve všech fázích životního cyklu staveb všemi kteří toto budou potřebovat. Cílem všech těchto nástrojů je jednoduchá dostupnost pro vyhodnocení a efektivní zacházení se zdroji, které máme uloženy ve stávajících nebo nově budovaných stavbách. Většinu potřebných informací již nyní máme v technických

zprávách projektu či v doprovodné dokumentaci materiálů a produktů, které jsou na stavbách používány, a tedy není možné říct, že vymýšlíme něco nového nebo přiděláváme někomu práci. Snažíme se jen využít těchto dat a uspořádat je k využití při zacházení s našimi zdroji v tomto případě odpadů.

Odkazy:

[1] Český statistický úřad, Produkce, využití a odstranění odpadů 2021, kód: 280020-22, <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-mgyqmwjyr8>

[2] PROPOSAL_101058580-RECONMATIC-HORIZON-CL4-2021-TWIN-TRANSITION-01, Horizon Europe ver 1.00 20210901, 24/09/2021 00:07

[3] Prezentace WP2/T2.2, Morgen Sindall, 14.9.2023 Manchester

[4] Prezentace WP3, Transforming Point Cloud Data into 3D BIM model: A Case Study on Slabs, S. Zbirovsky, V. Nežerka, 14.9.2023 Manchester