

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Diplomová práce

**Potenciál využití recyklovaných materiálů ve
stavebnictví v Plzeňském kraji**

**Potential use of recycled materials in the building
industry in the Pilsen region**

Plzeň 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

Potenciál využití recyklovaných materiálů ve stavebnictví v Plzeňském kraji

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

Plzeň dne

v. r.

Zásady pro vypracování práce

1. Stanovte cíle práce
2. Proved'te rozbor cirkulární ekonomiky
3. Stanovte metodiku výzkumu
4. Proved'te mapování zdrojových druhotných surovin a podniků, které je zpracovávají
5. Výsledky zpracujte analytickými a syntetickými metodami
6. Diskutujte výsledky a navrhněte opatření pro lepší využívání druhotných surovin
7. Proved'te zhodnocení a shrnutí výsledků

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. RNDr. Janu Koppovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování mé práce. Dále bych chtěl poděkovat RNDr. Davidu Vogtovi, Ph.D. a Mgr. Martinu Kebzovi za ochotu a zpřístupnění počítačové učebny, bez čehož by tato práce nemohla být dokončena. Velké dík patří také Anettě Paučinové za poskytnutí dat ze Sčítání domů, lidu a bytů a následnou vstřícnost s případnými dotazy. Poděkování patří také Petře Kaldové ze společnosti AZS 98, s.r.o. za zodpovězení dodatečných informací ohledně stavebních a demoličních odpadů a jejich recyklátů, a i ostatním respondentům, respektive jednatelům společností. Na závěr bych chtěl poděkovat své manželce Anetě za podporu během celé doby studia.

Obsah

Úvod.....	7
1 Cíle práce.....	8
2 Metodika.....	9
3 Cirkulární ekonomika.....	13
3.1 Úvod do cirkulární ekonomiky.....	13
3.1.1 Lineární model.....	17
3.1.2 Čistší výroba.....	22
3.1.3 Přejchod z lineární modelu na cirkulární ekonomiku.....	24
3.1.4 Posouzení životního cyklu - Life Cycle Assessment.....	28
3.2 Strategické cíle CE.....	33
3.2.1 Produkt jako služba.....	33
3.2.2 Vysoce hodnotné využití zdrojů.....	35
3.2.3 Systémové partnerství.....	36
3.3 Dimenze a indikátory pro měření cirkularity ve stavebnictví.....	37
4 Přehled druhotných surovin ve stavebnictví.....	41
4.1 Odpady využívané ve stavebnictví.....	41
4.1.1 Stavební a demoliční odpad.....	42
4.1.2 Průmyslový odpad.....	45
4.1.3 Komunální odpad.....	45
4.2 Stavební a demoliční odpad v Plzeňském kraji.....	46
4.2.1 Výhled produkce vybraných odpadů v Plzeňském kraji v roce 2026.....	47
4.3 Síť zařízení k nakládání s odpady na území kraje.....	48
4.3.1 Sběrné dvory.....	49
4.3.2 Třídící linky a překládací stanice.....	51
4.3.3 Drcení a recyklace odpadů.....	52

4.3.4 Rekultivace a terénní úpravy.....	54
5 Využívání recyklovaných materiálů ve stavebnictví v Plzeňském kraji.....	55
5.1 Objem stavebního a demoličního odpadu vhodného k recyklaci na území Plzeňského kraje.....	55
5.2 Využití recyklátu ze stavební suti jako přísada do recyklovaného betonu.....	57
5.3 Ověření tvorby geodatabáze.....	61
6 Diskuze.....	69
Závěr.....	73
Seznam použitých zdrojů.....	74
Seznam tabulek.....	79
Seznam obrázků.....	80
Seznam příloh.....	81
Přílohy	
Abstrakt	
Abstract	

Úvod

Začátek stavební činnosti lidstva se dá jen těžko časově vymezit. Lidé využívali základní přírodní materiály jako jsou dřevo, hlína a kámen. V průběhu historie lidstva se lidé zdokonalovali ve využití materiálů a v technologických činnostech. Lidé začali pálit cihly a začali vyrábět beton, který je stěžejním stavebním materiálem až do současnosti.

Stavebnictví je odvětví, které se neustále rozvíjí a vzhledem k rostoucí populaci také zintenzivňuje. Toto odvětví je velmi náročné na přírodní zdroje a energie. Těžba těchto zdrojů představuje pro přírodu obrovskou zátěž v podobě zabírání krajiny a ohrožování ekologické stability. Tyto zdroje, nerostné suroviny, nejsou k dispozici donekonečna a jejich zásoby mají určité limity. Koneckonců i v období starověku využívali civilizace materiály z rozebraných staveb a tím předcházely další těžbě.

Vzhledem k vysoké poptávce po stavebních materiálech se zásoby v České republice začínají dostávat v určitých místech k úplnému vyčerpání a v blízkí době může nastat situace, že na určitých místech tyto zdroje dojdou. Pro uspokojení poptávky bude potřeba tyto zdroje obstarat, což se může citelně prodražit, pokud tyto zdroje budou dovezené ze zahraničí.

Naše společnost si pomalu začíná uvědomovat nedostatek těchto zdrojů a snaží se přijít na způsoby, které by předešly budoucím problémům. Princip cirkulární ekonomiky přichází s řešením, jak nepotřebný odpad dostat znovu do oběhu a tím významně ulevit životnímu prostředí. Na jednu stranu se, díky recyklaci, znovu využijí vytěžené suroviny ve formě druhotných surovin, na druhé straně to vyřeší problém se skládkováním. Tato diplomová práce se zaměřuje na stavebnictví a jak se různé formy druhotných surovin dají v tomto odvětví znovu využít. Stavební a demoliční odpady představují značný potenciál jak ulevit životnímu prostředí, zabránit další degradaci životního prostředí a přispět k udržitelnému rozvoji společnosti. Hlavní druhotnou surovinou, kterou se zabývá tato diplomová práce, jsou recykláty ze stavební suti a následná výroba recyklovaného betonu.

1 Cíle práce

Tato diplomová práce se bude věnovat potenciálu recyklovaných materiálů a druhotných surovin ve stavebnictví v Plzeňském kraji (dále jen PK). Popíše možné zdroje těchto surovin, které lze znovu využít při stavbě domů či realizaci jiných stavebních a rozvojových projektů. Mezi hlavní druhotné suroviny patří například stavební suť, dále také recykláty z plastů a rezidua po těžbě. Teoretický rámec vychází z modelu cirkulární ekonomiky (zkráceně CE, v české literatuře se také objevuje termín *oběhové hospodářství*), tudíž budou základy této diplomové práce postaveny na rešerši zahraniční literatury věnující se tomuto modelu.

Prvním ze tří cílů této diplomové práce je vypracovat přehled druhotných surovin v PK, které lze dále využít v sektoru stavebnictví. Tento cíl odhalí, jaké množství stavebního odpadu (dále jen SDO), vhodného pro další využití ve stavebnictví, vzniká na území kraje. Bude sledováno delší časové období a následné data a přehledy budou porovnány s dalšími kraji v České republice.

Dalším cílem této diplomové práce je sestavit prostorový přehled podniků, které se zabývají recyklací stavebního odpadu a dalším využitím těchto druhotných surovin. Zvláštní zaměření je na recyklovaný beton, jelikož beton je jedním z nejvíce využívaných materiálů ve stavebnictví. Podniky na území Plzeňského kraje jsou interpretované na základě mapového výstupu a hlavní sledovanou otázkou je, zda využívají recykláty při výrobě betonu. Okrajově tato práce seznamuje i se zařízeními na výrobu samotných recyklátů, respektive s recyklačními centry pro stavební odpad.

Velké množství odpadu a potenciálních surovin vzniká demolicí starších domů nebo brownfieldů. Třetím cílem této diplomové práce je ověřit možnosti vypracování geodatabáze pro vybrané malé území, kde je znázorněno, kolik se na něm nachází potenciálních druhotných surovin.

2 Metodika

Obecná část bude vypracována literární rešerší dostupné literatury na téma cirkulární ekonomiky a také rozborem příslušných dokumentů na úrovni PK. Praktická část bude vypracována za pomoci českých dokumentů, statistik, geodatabází a osobním sběrem dat. Důležitým zdrojem pro vypracování jednoho z cílů v praktické části bude zahraniční případová studie. Hlavním tématem této práce je recyklovaný beton. Do recyklovaného betonu se v různých poměrech přidává recyklované kamenivo a další recykláty.

Prvním cílem této diplomové práce je vypracování přehledu objemu druhotných surovin v Plzeňském kraji (období 2011–2020). Následně je přehled Plzeňského kraje porovnán s dalšími vybranými kraji České republiky (období 2016–2020). Hlavním zdrojem pro vypracování tohoto cíle je Plán odpadového hospodářství Plzeňského kraje 2016–2026 (dále jen POH PK) (ISES, 2015) a jeho každoroční vyhodnocení. Plány odpadového hospodářství a jejich vyhodnocení pro ostatní kraje slouží k získání dat a k porovnání ostatních krajů s krajem Plzeňským. Tomuto procesu předcházelo utřídění dat, jelikož některé vyhodnocení POH uvádí stavební a demoliční odpady i se zeminou a kamením, což je nerecyklovatelná složka. Vzhledem k tomu, že údaje pro některé kraje byly neúplné, byly tyto kraje z pozorování odstraněny.

Výsledkem druhé části výzkumu je, kromě textové části, kartografická vizualizace vytvořená v programu ArcGIS. Data ke splnění tohoto cíle byly získány za pomoci telefonických rozhovorů a seznam betonáren je získán ze serveru betonsrver.cz (BETONserver, n.d.). Celkem bylo telefonicky osloveno 13 společností, které na území Plzeňského kraje provozují 20 betonáren. Vlastním šetřením bylo nalezeno dalších 12 společností zabývajících se výrobou betonu, tzn. že oslovený vzorek představoval přes 50 % betonáren v kraji. Všechny společnosti na otázky ohledně využití recyklovaného kameniva odpověděly a dále sdělily důvody jeho využití / nevyužití. Na výsledné mapě jsou znázorněna zařízení na výrobu betonu v Plzeňském kraji. Jsou rozčleněny do čtyř skupin na ty, které využívají recykláty pro výrobu betonu, nepoužívají recykláty, připravují se na výrobu s recykláty a využívají recykláty pro nekomerční využití. Na mapě jsou mimo jiné znázorněné

největší zařízení na recyklaci stavebního a demoličního odpadu. Doplňkové údaje týkající se recyklačních center jsou získány vlastním šetřením a z POH PK 2016–2026 (ISES, 2015).

Třetí cíl této diplomové práce je ověření možnosti vypracování geodatabáze v podmínkách České republiky, tzn. zda je v českých podmínkách možné získat data k vytvoření atributové tabulky pro program ArcGIS. Na základě získaných dat je vypracován mapový výstup s grafickým znázorněním zastavěného území a výsledný přehled potenciálních druhotných surovin bude znázorněn pomocí kartogramu. Atributová tabulka geodatabáze s vysvětlivkami jsou v příloze A. Data pro stáří domů jsou čerpány ze Sčítání lidu, domů a bytů 2011, jelikož poskytnutá data Českým statistickým úřadem (dále jen ČSÚ) nejsou v době psaní této práce zaktualizována o data z novějšího sčítání. V kapitole věnující se vypracováním tohoto cíle jsou použity poznatky z publikace od Athanassiadis & Stephan (2017), která se zabývá tvorbou geodatabáze v Melbourne. Pro vypracování tohoto cíle je použit odhad množství stavebního materiálu pro stavbu 100 m² jednopatrového domu z publikace od Arthur Lyons (2014). Jelikož je sledovaná oblast postavená z cihel a stavebního kamene, jsou sledované pouze tyto materiály. Ke stavbě 100 m² jednopatrového domu je zapotřebí 30,7 – 48 tun cihel a 15 – 21,6 tun přírodního kamene¹. Na základě tohoto údaje lze vypočítat přibližný objem sledovaných druhotných surovin u domů s jinou metráží a více patry. Výhodou tohoto způsobu je, že se uvádí odhad pro konkrétní druhotné suroviny a nejsou v tom započítané ostatní složky SDO. Nevýhodou tohoto způsobu je, že se stále jedná o odhad a i odborná literatura upozorňuje, že je zde stále mnoho proměnných, které mohou výsledný objem materiálů ovlivnit. V této kapitole se autor zaměří také na data získaná terénním šetřením, které bylo vzhledem k nedostatku určitých dat nezbytné. Projekt CONDEREFF (Institut Cirkulární Ekonomiky, 2021) popisuje, jak postupovat před demolicí zastavěných ploch.

Jako modelové území je vybraná lokalita v Plzni v ulicích Koželužská - Kalikova - Radčická, kde je do budoucna plánované možné spojení ulice Kalikova s ulicí Lidická v Severním předměstí města Plzně. S rozšířením této silnice a přidáním přilehlého veřejného prostranství je nevyhnutelná demolice některých objektů, čemuž odpovídá také stav některých

¹ Domy ve sledované oblasti jsou z tohoto typu stavebních materiálů (SLDB, 2011); odhad 84 – 109,2 tun betonu nebyl v práci použit, jelikož využití betonu je u těchto domů nejasné

nemovitostí. V modelovém území se nepracovalo s budovou na adrese Koželužská 1, jelikož je to nová, administrativní budova a nebyla k ní pro tuto práci vytvořena sestava materiálů.

Vymezení regionu

Pro zpracování této diplomové práce se autor zaměřil na Plzeňský kraj. V Plzeňském kraji žije 590 250 obyvatel². Největším městem je Plzeň se 175 219 obyvateli. Svou rozlohou 7 649 km² je to třetí největší kraj v České republice, nicméně vzhledem k relativně nízkému počtu obyvatel je to kraj s třetí nejmenší hustotou obyvatel³. Jedná se o morfoloicky diverzní region složený z Plzeňské pahorkatiny, části Brdské vrchoviny, části vrchoviny Českého lesa a z pohoří Šumavy.

Zásoby nerostných surovin se soustřeďují uvnitř Plzeňské aglomerace. Historicky významné jsou v tomto regionu zásoby černého uhlí, žáruvzdorné a keramické jíly (které se těží do teď) a stavební kámen, který pomohl k historickému rozvoji města. Ve Zbůchu se těží lupek (hlušina po těžbě uhlí), která se využívá při stavbě silničních komunikací. V podhůří pohoří Šumavy se nacházejí zásoby vápence. Těžba dřeva je v Plzeňském kraji také významná, objemem těžby jehličnatých stromů se řadí kraj na páté místo v České republice. Degradace krajiny po těžbě nerostných surovin je nejrozsáhlejší v oblastech Nýřany - Tlučná - Vejprnice, dále v oblastech Břasy - Radnice a v okolí Stříbra a Ejpvovic.

Jádrem Plzeňského kraje je město Plzeň, které je čtvrté nejlidnatější město v České republice a nachází se přibližně uprostřed kraje. Žije zde téměř 30% obyvatel kraje a je to ekonomické centrum kraje. Zbytek kraje, převážně v periferních oblastech kraje, je charakteristický vysokým počtem menších sídel s nerovnoměrným rozmístěním (Český statistický úřad [ČSÚ], 2011).

Pro tuto práci je důležitým faktorem stáří bytového fondu. Téměř 53% obydlí domů v okrese Plzeň-město bylo postaveno před rokem 1980. Téměř stejné procentuální zastoupení platí i pro celý Plzeňský kraj. Údaje ke stáří bytového fondu jsou k vidění v Příloze B. V Plzeňském kraji je hlavní stavební surovinou kámen, cihly a tvárnice, z kterých je postaveno 95 002 domů z celkového počtu 115 802 obydlí domů (ČSÚ, 2021).

² údaj je kde dni 30.9.2021 (Český statistický úřad, 2021)

³ hustota PK: 77,3 obyvatel na km²; hustota ČR: 135,7 km²

Obr. 1: Geografická mapa Plzeňského kraje



Zdroj: ČSÚ, 2015

3 Cirkulární ekonomika

Tato diplomová práce se věnuje problematice cirkulární ekonomiky ve stavebnictví a proto se tato úvodní kapitola teoretické části věnuje cirkulární ekonomice jako takové. Pro správné pochopení je nutné popsat její vývoj a jak s postupem času vznikl samotný vzor pro docílení cirkularitu. Přestože je tato diplomová práce zaměřena pouze na vybraný segment cirkulární ekonomiky, je velmi důležité popsat CE v širších souvislostech. Jak se dozvídáme více o krizi klimatu a biologické rozmanitosti, je jasné, že hlavní součástí problému je způsob, jakým věci vyrábíme a konzumujeme. Těžba a zpracování materiálů, paliv a potravin tvoří asi polovinu celosvětových emisí skleníkových plynů a způsobuje více než 90 % ztráty biologické rozmanitosti. Mnoho moderních podniků vyčerpává přírodní zdroje, ničí ekosystémy, generuje nadměrné množství odpadu a znečišťuje životní prostředí – poškozuje přitom lidské zdraví (Weetman, 2020).

3.1 Úvod do cirkulární ekonomiky

Příroda má vlastní schopnost vypořádat se s různými druhy odpadu, což je často označováno jako její nosná kapacita. Ve skutečnosti v přirozených cyklech neexistuje žádný odpad jako takový, protože výstup z jednoho procesu se stává vstupem pro jiný (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Jedním příkladem je potravní řetězec, kde primární producenti (rostliny) odebírají oxid uhličitý z atmosféry. K tomu odebírají živiny a vodu z půdy a produkují organickou hmotu prostřednictvím fotosyntézy. Primární producenti jsou spotřebovávání primárními spotřebiteli (např. býložravci), kteří jsou zase konzumováni sekundárními spotřebiteli (např. masožravci a všežravci), kteří mohou být dále konzumováni terciárními spotřebiteli, živočichy na vrcholu potravního řetězce. Nakonec jsou však všichni producenti a konzumenti rozloženi rozkladači (červi, bakterie atd.) a živiny uvolněny zpět do prostředí. Tato kruhovitost v přírodě, poháněná pouze energií ze Slunce, je pro nás důležitým příkladem, který můžeme napodobit (Gheewala & Silalertruksa, 2021). S odpady (pevnými, kapalnými a plynnými) produkovanými lidskou činností může příroda do určité míry také nakládat prostřednictvím své nosnosti. Organický pevný odpad se například v teplém a vlhkém klimatu

působením mikroorganismů rychle rozkládá. Při překročení nosné kapacity přírody z důvodu obrovského množství vznikajícího odpadu a také z důvodu přítomnosti xenobiotik (např. pesticidů, chemikálií atd.), které příroda nezná, dochází k hromadění odpadů vedoucích k nepříznivým účinkům na ekosystémy i na lidské bytosti. K řešení tohoto problému byly vyvinuty technologie nakládání s odpady na konci životnosti, aby bylo možné snížit intenzitu odpadů z výrobních procesů a jiných antropogenních činností před jejich vypouštěním do životního prostředí. Oběhového hospodářství lze shrnout do tří základních myšlenek: obnovitelná energie jako vstup do systému výroby; čistá voda a správné zacházení s vodou; opětovné použití materiálů (Cui, 2021).

Existuje několik různých definic cirkulární ekonomiky. Nadace Ellen MacArthur Foundation, která se věnuje implementaci cirkulárních principů ji definuje jako „systémový přístup k ekonomickému rozvoji navržený tak, aby byl přínosem pro podniky, společnost a životní prostředí“. Nizozemská společnost Metabolic, která udává, že vytvoření nového ekonomického modelu je nezbytné, definuje cirkulární ekonomiku jako „nový ekonomický model pro řešení lidské potřeby a spravedlivé rozdělování zdrojů bez narušení fungování biosféry nebo překročení jakýchkoli planetárních hranic“. Server Wikipedia definuje cirkulární ekonomiku jako „ekonomický systém zaměřený na eliminaci plýtvání a neustálé využívání zdrojů“ (Cui, 2021).

Mezi klíčové principy CE patří (mimo jiné) **plánování s odpady**⁴, tudíž navrhnout výrobek tak, aby po konci životnosti byl výrobek snadno recyklovatelný. Udržet hodnotu produktu po co nejdelší dobu je další klíčový princip. Výrobek musí být navržen tak, aby vydržel co nejdéle. Další klíčový princip je maximalizace využití obnovitelných zdrojů (Cui, 2021). Samotná výroba potřebuje obrovské množství energie. K docílení cirkularity a tím snížit dopady na životní prostředí, je zapotřebí využívat obnovitelných zdrojů. Využití obnovitelných zdrojů ve stavebnictví je v současné době těžko proveditelné, jelikož jsou převáženy obrovské masy materiálu pomocí dopravních prostředků se spalovacími motory a při samotném procesu stavby se elektrická energie využívá ze sítě, kde v době psaní této práce převažují uhelné elektrárny jako hlavní zdroj. Na druhou stranu jsou domy stavěny z

⁴ **Odpadové hospodářství** jsou aktivity cílené na předcházení vzniku odpadů, nakládání s nimi a správu místa, kde jsou tyto odpady hromaděny. Odpadové hospodářství také zahrnuje kontrolu těchto činností. V ČR je to legislativně upevněno zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb. § 4 písm. c (Vytlačilová, 2021).

odolných materiálů, jejíž vlastnosti nám umožňují opětovné využití po konci životnosti stavby (stavební suť, kovy, dřevo).

Jiná literatura uvádí základním principem takzvaný model **3R** (Nuñez-Cacho, Górecki Molina-Moreno, & Corpas-Iglesias, 2018). Základními pilíři tohoto modelu je *reduce* (snížení odpadu), *reuse* (opětovné využití materiálů) a *recycle* (recyklace odpadu). V minulosti byly opakované použití a prodloužení životnosti často strategiemi v případě nedostatku nebo chudoby, zatímco dnes jsou známkou dobrého řízení zdrojů (Nuñez-Cacho a kol., 2018). Snížit (*reduce*) znamená minimalizovat vstupní energie a suroviny zvýšením efektivity výrobních procesů. Opětovné použití (*reuse*) stanovuje, že vedlejší produkty a odpady z jedné společnosti (nebo odvětví) se mohou stát zdroji pro ostatní. **Opětovné použití** je proces, při kterém je produkt nebo jeho součást nebrán jako odpad, ale je znovu použit pro stejný účel, jako byl vyroben. Tato definice je legislativně ukotvena novelou zákona o odpadech č.154/2010 Sb. V praxi si to lze představit jako stavební výrobek získaný při údržbě stavby, při změnách dokončené stavby či při úplné demolici. Následný stavební produkt se poté nemusí znovu recyklovat. Výkopové zeminy se berou jako znovu využité bez výjimek pouze v místě, kde byly získány (Vytlačilová, 2021).

Recyklace na druhé straně podporuje přepracování recyklovatelných materiálů za účelem jejich přeměny na nové produkty, takže lze snížit spotřebu původních materiálů. Recyklace je způsob nakládání s odpadem, kdy je daný odpad znovu zpracován na produkty, materiály nebo látky sloužící k tvorbě buďto původních produktů nebo pro jiné využití. Energetické využití nebo látky sloužící jako palivo nespádají pod recyklaci. Definice je ukotvena v novele zákona o odpadech č.154/2010 Sb. (Vytlačilová, 2021). Jsou používány chemické, fyzikální nebo biologické metody, aby došlo k získání užitečných charakteristik odpadu. Poté se odpad stává druhotnou surovinou a může posloužit v dalším výrobním cyklu. Zdá se, že CE by mělo být považováno za udržitelný model výroby, což je pro odvětví stavebnictví obzvláště důležité. Problémem zůstává nedostatek ukazatelů pro cirkulaci, což je jednou z největších výzev pro moderní společnost (Nuñez-Cacho a kol., 2018). Více o ukazatelích v cirkulární ekonomice a stavebnictví se nachází v podkapitole 3.3.

Cílem oběhového hospodářství je absolutně oddělit náš ekonomický růst a prosperitu od využívání zdrojů a dopadů na životní prostředí. Cílem je efektivně hospodařit se zdroji,

minimalizovat odpad, používat obnovitelné energie a snižovat množství chemických znečišťujících látek a toxického odpadu prostřednictvím pečlivého návrhu produktů. Nakládání s odpady je výzvou nejen pro rozvojové země. K dosažení tohoto cíle musíme přehodnotit naši globální ekonomiku jako systém, abychom porozuměli toku materiálu a dopadům životního cyklu. Je třeba provést zásahy do systému, které by vedly k přechodu na oběhové hospodářství (Cui, 2021). Udržitelnost podnikání jednoznačně souvisí se vzorci spotřeby a výroby. Společnosti, které chtějí dosáhnout udržitelného rozvoje podnikání, se musí snažit naplnit současné potřeby a zároveň minimalizovat spotřebu zdrojů, aby neohrozily budoucí příležitosti a schopnosti podniků a společnosti. **Trvale udržitelný rozvoj** je takový rozvoj, který zaručuje současným i budoucím generacím možnost uspokojovat jejich základní potřeby a zároveň nenarušuje rozmanitost přírody a neohrožuje přirozené funkce ekosystému (Zákon o životním prostředí č.17/1992 Sb., §6) (Vytačilová, 2021).

Mnoho zemí po celém světě hledá nové modely udržitelných budov tím, že vyvíjí tlak na sektor stavebnictví, aby hledal snížení dopadu na životní prostředí. Tento průmysl potřebuje zavést nové strategie ekologické účinnosti, zachovat nebo zvýšit hodnotu ekonomického výstupu a zároveň snížit dopad na životní prostředí. Současný stav je však jiný. Při stavebních projektech vzniká příliš mnoho odpadu a jen málo nápadů, co s ním dělat (Nuñez-Cacho a kol., 2018). Na druhou stranu nás nedostatek zdrojů nutí hledat nové technologie zhodnocování odpadů, které přeměňují výstupy výrobního systému na nové vstupy výroby. Příkladem může být právě recyklovaný beton, který využívá k výrobě stavební a demoliční odpad místo kameniva a tím spotřebovává odpad a zároveň šetří přírodní zdroje. Dalším příkladem může být využití moderních technologií k vytváření geodatabází, které budou obsahovat potenciální druhotné materiály a kde se nachází v určitých částech města. Tyto geodatabáze mohou spadat pod útvar územního plánování. Recyklovaný beton a vytvoření geodatabáze jsou jedny z cílů této diplomové práce.

Věda, která zkoumá toky materiálů a energie v průmyslových systémech se nazývá průmyslová ekologie. Poznatky z průmyslové ekologie jsou vyzdvihovány jako klíčové k vytváření modelu CE (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Cirkulární ekonomika je ekonomika s uzavřeným tokem materiálů, na rozdíl od tradiční lineární ekonomiky, která po konci životnosti už neřeší odpad jako druhotnou

surovinu. Lineární model vytváří vážné problémy, jako je zhoršování životního prostředí a nedostatek zdrojů. Tímto způsobem CE pomůže udržet harmonii mezi lidstvem a životním prostředím prostřednictvím použití vstupního materiálu s uzavřeným okruhem (Nuñez-Cacho a kol., 2018). I když je v současnosti nemožné kvůli vysoké poptávce nahradit veškeré vstupní suroviny ve stavebnictví druhotnými surovinami, nabízí toto odvětví řadu příležitostí, jak využít druhotné suroviny při stavbě a výrobě. Mezi takové suroviny mohou patřit kromě stavebních a demoličních odpadů také plasty, kovy, sklo atd.

3.1.1 Lineární model

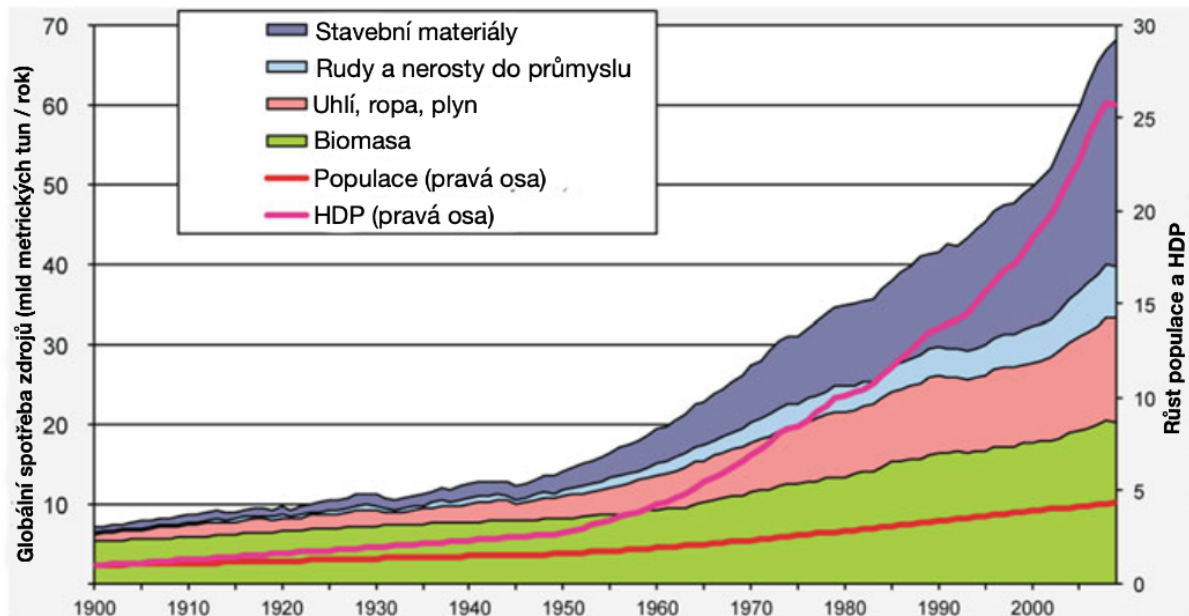
Za miliony let evoluce si příroda vyvinula velmi účinné systémy, díky kterým se všechny prvky a látky pohybují v cyklech tak, aby nedocházelo k plýtvání. Na druhé straně, lidé v posledních několika stoletích vyvinuli průmyslové systémy, které mají lineární tok, těží zdroje z přírody a po krátké době používání je vyhazují jako odpad. Lineární model je často označován jako model „take-make-throw“, který se stal možným po první průmyslové revoluci a značně akceleroval v poválečné éře, doprovázený globálním populačním bohem (Cui, 2021). Lineární model je plýtvání a přinesl vážné důsledky včetně změny klimatu, ztráty biologické rozmanitosti, eroze půdy, znečištění vzduchu, vody atd. Lineární model, který přinesl lidstvu bezprecedentní prosperitu, musí přejít na jiný model – model, který může pomoci zachovat integritu zemských systémů, na kterých se naše prosperita opírá. Tento nový ekonomický model nazýváme cirkulární ekonomika. Cirkulární ekonomika se snaží ustoupit od tohoto lineárního modelu ve snaze prodloužit životnost produktů a služeb a zároveň minimalizovat zátěž pro životní prostředí. Kvůli tomu je nezbytné uvažovat o životním cyklu materiálů, díky čemuž rychleji docílíme cirkularity (Cui, 2021).

Na obrázku č. 2 je znázorněný zmiňovaný globální populační boom společně s růstem HDP a spotřebou zdrojů jako jsou stavební materiály, rudy a nerosty používané v průmyslu, energetické suroviny (uhlí, ropa, plyn) a spotřeba biomasy. V první polovině 20. století je sice viditelný nárůst, ale výrazný nárůst všech zkoumaných oblastí je zřetelný až v druhé polovině 20. století. Vše roste úměrně s nárůstem obyvatel, kdy k roku 1900 žilo na planetě Zemi přibližně 1,6 miliardy lidí, zatímco v roce 2020 je to 7,762 miliardy⁵. Pro znázornění HDP je

⁵ World Bank, 2022

použit Geary-Khamis dolar pro rok 1990, což je hypotetická měnová jednotka, která má stejnou kupní sílu jako americký dolar v tomto roce. Z obrázku č.2 je patrné, že stavebnictví (vzhledem k těžbě stavebních materiálů) je odvětvím s největším negativním vlivem na životní prostředí a optimismu nemůže přidat ani zpomalení růstu spotřeby v posledním sledovaném desetiletí.

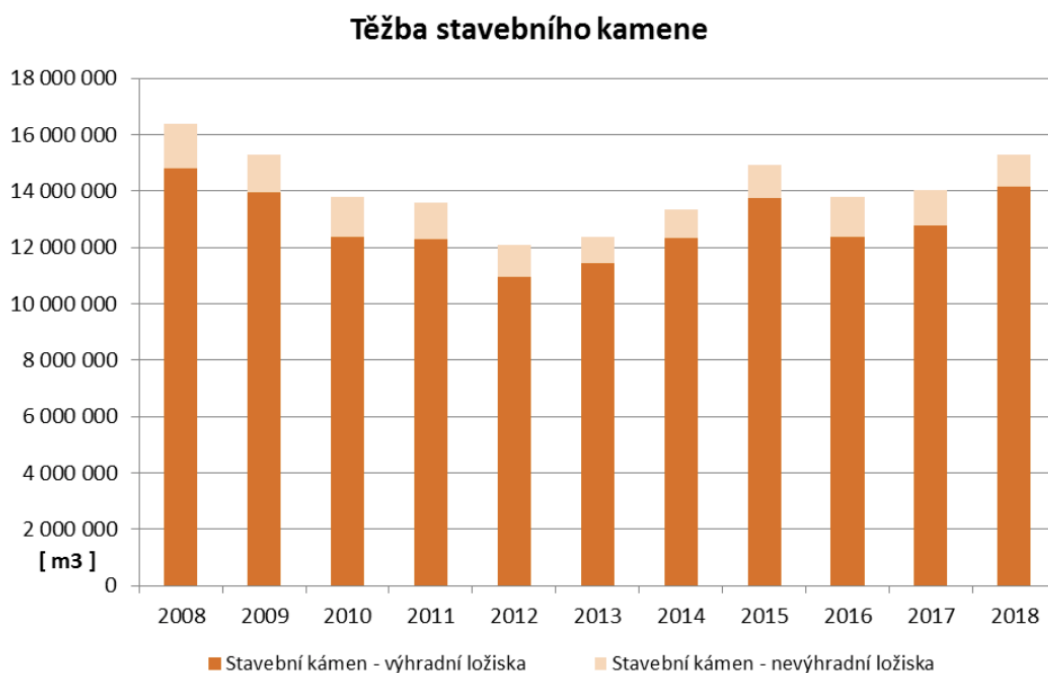
Obr. 2: Globální spotřeba zdrojů



Zdroj: vlastní úprava dle Cui, 2021

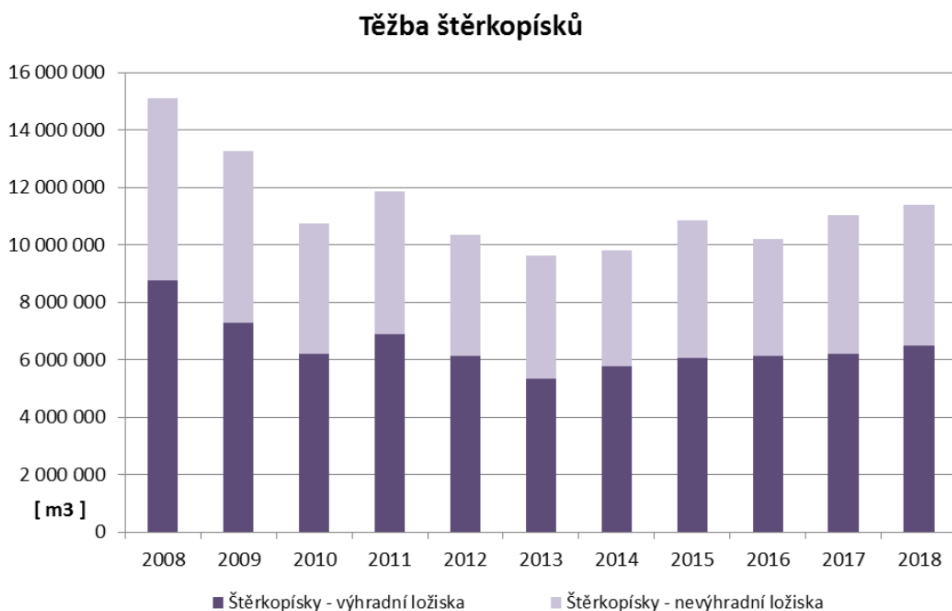
Ročně se vytěží v České republice 55-60 miliónů tun stavebních surovin, což je největší poměr vytěžených surovin v Česku (45%). To samozřejmě představuje zátěž pro životní prostředí, kde dochází k silné degradaci a zničení krajiny. Na území Plzeňského kraje docházelo k největší degradaci v oblastech Nýřany - Tlučná - Vejprnice a Břasy - Radnice, kde historicky docházelo k těžbě uhlí. K velké degradaci docházelo také v okolí Stříbra a Ejovic, kde byla v historii bohatá naleziště rud. V sektoru stavebnictví je momentálně v České republice problém (kromě degradace krajiny) s ubývajícimi zásobami stavebně důležitých komodit. Zásoby kameniva a šterkopísků pro výrobu stavebního materiálu ubývají (jen Praha v současné době spotřebovává 13 milionů tun stavebních materiálů ročně). Udává se, že do 9-10 let budou mít zásoby těchto nejdůležitějších komodit pro stavebnictví pouze polovina z tuzemských lomů (Ekolist, 2019). Objem těžby je zobrazen na Obrázku č. 3 a 4.

Obr. 3: Objem těžby stavebního kamene v ČR mezi lety 2008–2018



Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2019

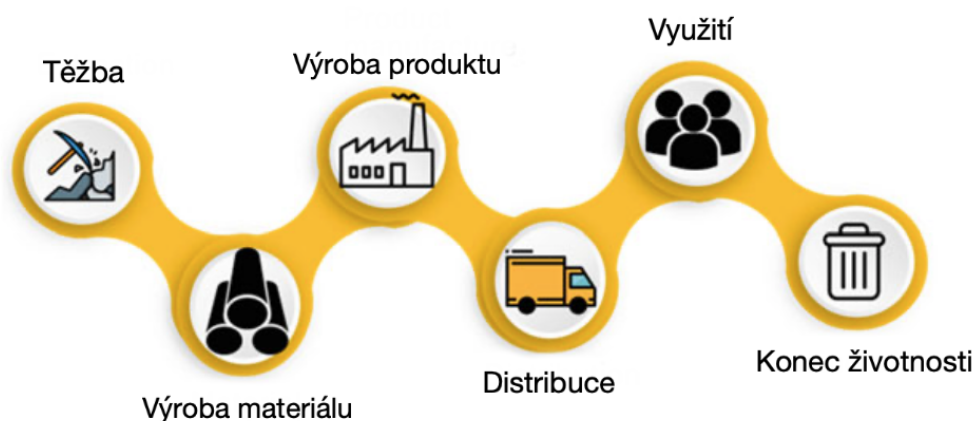
Obr. 4: Objem těžby štěrkopísků v ČR mezi lety 2008–2018



Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2019

Na obrázku č.5 je znázorněno, jak jsou zdroje převzaty z přírody, transformovány prostřednictvím výrobních procesů do produktů pro splnění určitých funkcí, které jsou využívány a následně řízeny procesy zpracování odpadu, aby je bylo posléze možné vypustit zpět do životního prostředí. Tento model lze nazvat modelem “take - make - waste” nebo “take - make - use - discard”. V podstatě to lze přeložit jako “vzít přírodní zdroje - něco z nich vyrobit - a poté to vyhodit”. Tento “plýtvající” model se používá po mnoho desetiletí a ve velké míře se používá i v současnosti. Z pohledu výrobců produktů je nakládání s odpady „neproduktivní“ činností, protože jsou do ní investovány peníze bez jakékoli ekonomické návratnosti. Jinými slovy, jde téměř doslova o „vyhozené peníze“. V 90. letech 20. století byl tento tradiční model zpochybněn zavedením minimalizace odpadu, prevencí znečištění nebo jinak řečeno zavedením čistší výroby. Tato čistší výroba se zaměřovala na snížení množství produkováných odpadů, nikoliv na zpracování odpadu (Gweehala & Silalertruksa, 2021).

Obr. 5: Obecný lineární ekonomický model



Zdroj: vlastní úprava dle Gheewala & Silalertruksa, 2021

Stavebnictví je v současnosti jedním z hlavních původců odpadů⁶ a je také jedním z přírodě nejméně škodlivějších a nejméně udržitelných odvětví hospodářství. Vyhledky do budoucna

⁶ stavební a demoliční odpady tvoří přes 50% produkce ze všech odpadů v ČR (mzp.cz, 2022)

nejsou vůbec pozitivní. Obecně můžeme pozorovat systémový, exponenciální růst některých klíčových ukazatelů, jako je populační růst, koncentrace CO₂ v atmosféře a spotřeba energie, vody, nerostů a přírodních zdrojů. Za posledních 20 let se emise skleníkových plynů výrazně zvýšily hlavně kvůli neustálému růstu emisí oxidu uhličitého. O skleníkových plynech se předpokládá, že způsobují značné škody na životním prostředí tím a že jsou hlavní příčinou změny klimatu. Tento rychlý vývoj vede většinu průmyslových zemí k uzavření nových dohod, které zahrnují přeorientování výrobních procesů podle závazků Pařížské dohody (2015), v rámci Úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu, kde počínaje rokem 2020 byla stanovena opatření ke snížení emisí oxidu uhličitého (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Strategickou roli v tomto kontextu hraje právě sektor stavebnictví, který je jedním z nejdůležitějších producentů škodlivých plynů, původcem odpadů a spotřebitelem zdrojů. Moderní stavební materiály s vynikajícími stavebními vlastnostmi vykazují vedlejší efekt prostřednictvím drastického zvýšení dopadu tohoto sektoru na životní prostředí. V současné době je jedním z klíčových aspektů minimalizace odpadu, a proto je třeba strategie minimalizace odpadu považovat za integrovaný prvek výrobního systému. Kromě toho opětovné použití prvků (např. částí budov) vyžaduje hluboké zvážení jejich kvality, užitečnosti z hlediska rozměrů a problémů trhu (důvěry lidí v nákupu použitých materiálů). Opětovné použití prvků představuje výzvu pro architekty i dodavatele (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Vybudovaná města jsou esenciální součástí lidské společnosti. Města jsou epicentrem lidské činnosti a mají obrovský dopad na environmentální systém Země. Odhaduje se, že přibližně 56 až 78 % celosvětové konečné spotřeby energie se vyskytuje v městských oblastech, z čehož budovy představují významný podíl a jsou odpovědné za velké množství emisí skleníkových plynů. Stavebnictví je odvětvím jedním z nejnáročnějších na materiály a je odpovědné za obrovské množství odpadu. Například 25–30 % veškerého odpadu produkovaného v Evropské unii pochází ze stavebnictví⁷. Celosvětově má stavební sektor největší poptávku po materiálech, zejména po nekovových minerálech. S předpokládaným růstem populace o 2,7 miliardy v příštích desetiletích, z nichž se očekává, že většina bude žít ve městech, je nezbytné lépe porozumět využívání zdrojů městského fondu budov, abychom

⁷ Vytlačilová (2012) uvádí 30–40%

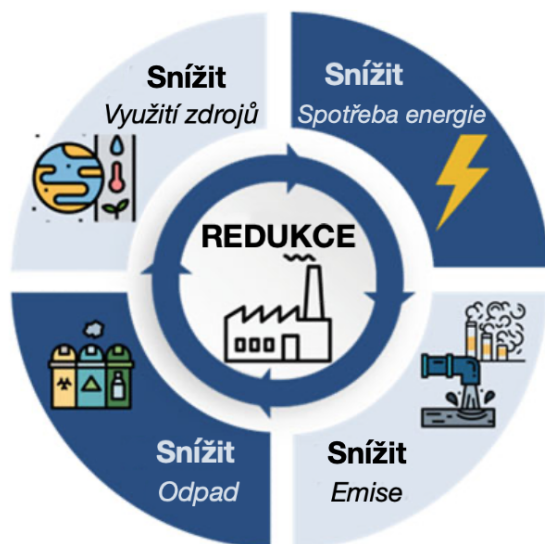
aktérům a osobám s rozhodovací pravomocí poskytl nástroje, které mohou účinně pomoci minimalizovat přímou a vtělenou spotřebu energie, vody, materiálů a snížit emise skleníkových plynů (Stephan & Athanassiadis, 2017).

3.1.2 Čistší výroba

Čistší výroba vede k získání většího množství produktů ze stejného množství surovin a energetických vstupů a zároveň je nakládáno s menším množstvím odpadu (Obrázek č.6). Je to tedy jistě krok směrem k udržitelnosti. Koncept čistší produkce se zpočátku soustředil na továrnu (výrobní nebo procesní jednotku) samotnou, myšlenkou bylo minimalizovat využití zdrojů, energií a snížit emise a odpady (Gheewala & Silalertruksa, 2021).

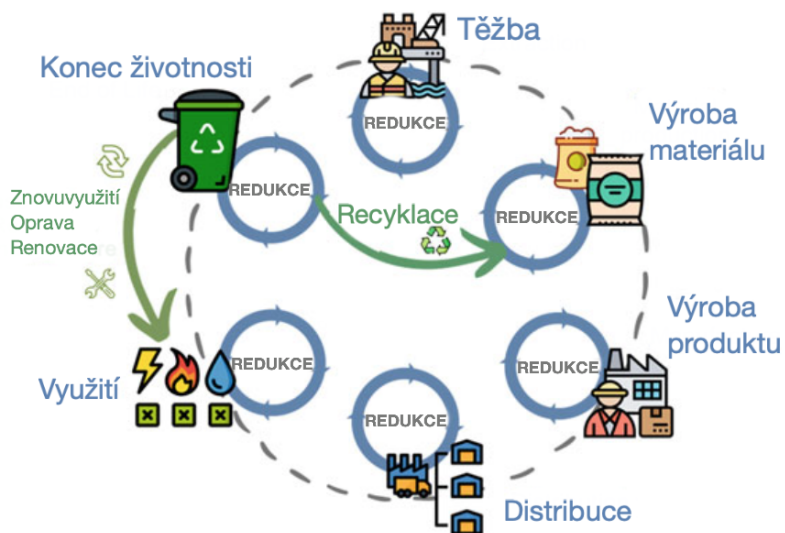
Samotná čistší výroba má však svá úskalí. Optimalizací jednotlivých částí životního cyklu nemusí dojít k celkové optimalizaci systému, kdy se některé nežádoucí jevy mohou projevit v jiných částech životního cyklu. Například použití některých materiálů může vylepšit vlastnosti a životnost produktu, ale po konci životnosti může být obtížná jeho recyklace (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Zavedení elektromobilů do provozu snižuje emise ve městech, ale spotřebovaná elektrická energie představuje zátěž pro životní prostředí v oblasti její výroby, pokud nejsou z obnovitelných zdrojů. Samotná těžba materiálů pro výrobu baterií také představuje ohromnou zátěž pro životní prostředí. Proto je nesmírně důležité uvažovat o celém životním cyklu produktu jako na obrázku č.7 a zvážit veškeré ekologické zátěže, aby se předešlo přesouvání problémů.

Obr. 6: Čistší výroba v průmyslu



Zdroj: vlastní úprava dle Gheewala & Silalertruksa, 2021

Obr. 7: Cirkularita a životní cyklus produktů



Zdroj: vlastní úprava dle Gheewala & Silalertruksa, 2021

3.1.3 Přechod z lineární modelu na cirkulární ekonomiku

Když porovnáme obrázky č. 5 a č. 7, můžeme učinit několik důležitých postřehů o tom, jak lze lineární ekonomiku přeměnit na oběhovou ekonomiku. Model lineární ekonomiky „take - make - waste” se transformuje na cirkulární model na několika úrovních – mikro, mezo a makro. Na mikroúrovni může jeden konkrétní proces nebo továrna snížit celkovou spotřebu zdrojů a vyprodukované emise (obrázek č. 6 je znázorněn jako menší okruh “Redukce” na obrázku č. 7). Na mezoúrovni by mohla být skupina továren nebo celý průmyslový sektor zapojen do systému, kde by se nevyužitelný výstup (odpad) z jedné továrny mohl přesunout jako vstupní surovina do druhé továrny. Při výrobě určitých produktů vzniká totiž **vedlejší produkt**, což je movitá věc, která nebyla účelově vyrobena při výrobě. Pokud je vedlejší produkt vyráběný cíleně, je brán jako nezbytná součást výroby a lze ho zpracovat k jiným účelům, než je primární výroba (Vytlačilová, 2021). To se může odehrát v průmyslovém parku nebo v ekologicky zaměřené průmyslové oblasti (příklady lze nalézt na Tchaj Wanu). Tento systém je založený na spolupráci v průmyslových parcích. Makroúroveň by tento proces přesunula na úroveň celé ekonomiky, což je nejvíce chtěné (Gheewala & Silalertruksa, 2021). O cirkulární ekonomice můžeme hovořit jako o “novém ekonomickém systému” nebo jako o “nové obchodní strategii” (Lacy, Long, & Spinder, 2020).

Cirkulární ekonomika však přesahuje pouhé lepší hospodaření se zdroji a snižování emisí do životního prostředí. Zaměřuje se hlavně na prodloužení životnosti produktů, které již byly vyrobeny, prostřednictvím opětovného použití, oprav, renovace⁸ a repasování. Tyto procesy jsou v takzvaném technickém cyklu produktu. Nejčastěji se vyskytuje u výrobců elektrických a elektronických zařízení, zejména u vysoce hodnotných zařízení, jako je lékařské vybavení. Některé společnosti se spotřebním zbožím praktikují model prodloužení životnosti produktu. Recyklace materiálů je pravděpodobně poslední v hierarchii kruhovitosti, protože prodloužení životnosti výrobku výše zmíněnými prostředky zachovává hodnotu zdrojů a energie investované do procesu výroby výrobku. Tyto hodnoty by se při recyklaci

⁸ Renovace je proces, kdy se z pohledu zákazníků vrací použitému produktu alespoň původní výkonnostní specifikace a dává výslednému produktu záruku, která je minimálně stejná jako u nově vyrobeného produktu (Cui, 2021).

výrobku ztratily, ačkoli by původní materiální zdroje zůstaly pomocí recyklace zachovány (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Namísto zničení produktu po vyhození do odpadu může být hodnota původního produktu zachována prostřednictvím přístupů k prodloužení životního cyklu. Je také na místě v oběhovém hospodářství rozlišit recyklaci/downcyklaci s upcyklací. Upcyklace představuje proces, kdy lze donekonečna vracet materiály do různých forem a neztrácet tím jejich hodnotu. Teoreticky lze docílit toho, že lze materiál donekonečna recyklovat. Upcyklace je tedy recyklace bez ztráty kvality recyklovaného materiálu a downcyklace je recyklace se ztrátou kvality. Při downcyklaci už není zaručeno, že materiál bude použit po prvním recyklačním cyklu (Cui, 2021). V kontextu této práce je výroba recyklovaného betonu klasický příklad upcyklace, zatímco terénní úpravy jsou příkladem downcyklace.

Lineární ekonomika přidává hodnotu v každém kroku životního cyklu produktu, ale poté hodnota na konci životnosti klesá. Při prodeji přechází vlastnictví a odpovědnost za jeho celkové využití z výrobce na kupujícího. Takže v tomto přístupu (který je v současnosti normou) přestává být jednou prodaný produkt odpovědností výrobce a stává se odpovědností uživatele / kupujícího, který je pak vlastníkem produktu. Cirkulární ekonomika se na druhé straně pokouší maximalizovat hodnotu v každém okamžiku životnosti produktu. K docílení této maximální hodnoty mohou být vyžadovány různé přístupy, například rozšířená odpovědnost výrobce vyžadující, aby výrobce převzal odpovědnost za produkt i po prodeji (např. na konci životnosti) (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Tímto krokem výrobce prodává spíše službu poskytovanou produktem uživateli, nežli samotný produkt. Konceptu “Služba jako produkt” se tato práce bude věnovat ještě v podkapitole 3.2.

Rozšířená odpovědnost výrobce je jedním ze tří politických nástrojů k docílení CE. Existuje již více než 30 let. Tento nástroj vyžaduje, aby výrobci zavedli systémy sběru a zpracování odpadu, včetně vytváření recyklačních partnerství (Cui, 2021). Lze si to představit jako formu daně kladenou na výrobce za vytváření odpadu. Forma systému zálohování je jeden z příkladů tohoto nástroje.

Druhý politický nástroj představuje standardizace. Podle *Příručky cirkulární ekonomiky pro odborníky* je „Standardizace proces nastolení jednotnosti napříč výrobními materiály a procesy. Potenciální výhody standardizace zahrnují nižší výrobní a nákupní

náklady díky úsporám, snadnější a levnější opravě a výměny (modulární design produktů); a díky rychlejšímu a efektivnějšímu procesu.⁹ Standardizace může snížit náklady na sběr a třídění a zlepšit kvalitu recyklace, která je nezbytná pro oběhové hospodářství (Cui, 2021).

Posledním politickým nástrojem jsou veřejné zakázky a jsou důležitým prostředkem k zahájení a podpoře rozvoje oběhového hospodářství. Veřejné zakázky nebo vládní zakázky využívají kupní sílu veřejného sektoru k řízení poptávky po udržitelnějších produktech a službách. Veřejný sektor také nese odpovědnost za své lidi a společnost. Proto se udržitelné veřejné zakázky běžně používají jako prostředek ke stimulaci trhu. Stále více vlád přijímá opatření cyklického zadávání veřejných zakázek, což je soubor pravidel a kritérií pro jakoukoli společnost nebo její produkty, které má vláda používat (Cui, 2021). Zaváděním cirkulárních veřejných zakázek se zabývá Evropská komise a poskytuje brožuru jak postupovat a uvádí dobré příklady¹⁰.

Kromě nástrojů politiky vyvíjejí nástroje a metodiky pro usnadnění přechodu k cirkularitě také neziskové organizace. Mezi nimi je iniciativa Science Based Targets Initiative jedním z nejdůležitějších konceptů vyvinutých skupinou špičkových vědců. Iniciativa Science Based Targets Initiative je spoluprací mezi několika organizacemi, například Organizací spojených národů Global Compact (UNGC), World Resources Institute (WRI) a World Wide Fund for Nature (WWF) a je jedním ze závazků koalice We Mean Business, která prosazuje vědecky podložené stanovení cílů jako účinný způsob, jak posílit konkurenční výhodu společností při přechodu na např. nízkouhlíkové hospodářství (Cui, 2021). V českém prostředí je neziskovou organizací zabývající se cirkulární ekonomikou Institut cirkulární ekonomiky INCIEN.

Na trhu se objevují a transformují neustále nové podniky. Při přechodu z lineárního modelu na cirkulární se některé společnosti mohou ocitnout v situaci, kdy přejdou do zcela jiných odvětví a nabízejí velmi odlišnou sadu produktů a služeb. K dosažení modelu cirkulární ekonomiky je nutné docílit inovacemi převážně v oblasti technického cyklu (Cui, 2021).

9 Circular Economy Practitioner Guide (2018)

10 European Commission (2017)

Celá tato transformace je v souladu s **udržitelným rozvojem**. Tento termín byl poprvé použit světovou komisí pro životní prostředí a rozvoj v roce 1987. V roce 1992 se konala konference OSN o životním prostředí a rozvoji v brazilském Rio de Janeiro (též zvaná jako Summit Země). Zde byla přijata **Agenda 21**, což je základní dokument OSN zabývající se udržitelným rozvojem. V českém prostředí byl ten samý rok přijat zákon o životním prostředí č.17/1992 Sb., kde je definován “trvale udržitelný rozvoj”. Pro sektor stavebnictví to znamená využívání vhodných konstrukčních materiálů, které zajistí funkčnost po celou dobu životnosti a splňují daná environmentální kritéria. Tento přístup musí splňovat tři pilíře a těmi jsou materiálová, konstrukční a environmentální složka. Tyto pilíře byly rozloženy ve vytvořeném **integrovaném návrhu konstrukce** (Vytlačilová, 2012).

Integrovaný přístup k návrhu v souladu s trvale udržitelným rozvojem:

- Koncepční přístup
- Konstrukční návrh
- Výstavba
- Provoz
- Údržba
- Rekonstrukce
- Demolice
- **Recyklace**

Fáze recyklace je posledním krokem návrhu, zároveň je však prvním krokem do nového koloběhu produktu, jelikož se v této fázi získají potřebné druhotné suroviny. Rozdíl mezi tímto novým přístupem a tím tradičním ve stavebnictví je ten, že tradiční přístup dbal na základní kritéria *náklady, kvalita a čas*, zatímco nový integrovaný přístup zahrnoval kritéria z těchto oblastí: *kvalita životního prostředí, ekonomická efektivita a omezení; a sociální a kulturní souvislosti*. Takový přístup by měl být ve společnosti standardem, nicméně zkušenosti nám naznačují, že v mnoha případech jsou pro ekonomické subjekty hlavním zájmem krátkodobé cíle, tudíž maximalizovat zisk. Betonové stavby jsou však projekty s

dlouhou životností, tudíž dlouhodobá vize na celkové užívání objektu a jeho údržba je velmi důležitá (Vytlačilová, 2012).

3.1.4 Posouzení životního cyklu - *Life Cycle Assessment*

Uvažování o životním cyklu je zásadní při posuzování všech fází výrobků / stavby, aby byla zajištěna optimální řešení pro životní cyklus a aby se zabránilo přesunu problémů z jedné fáze řetězce do druhé. Posouzení životního cyklu (dále jen LCA) se řídí normou ISO 14040 a bylo vyvinuto jako nástroj pro usnadnění environmentálního hodnocení produktů, služeb a systémů v průběhu celého životního cyklu (Gheewala & Silalertruksa, 2021). K tomu je zapotřebí shromáždit a vyhodnotit všechny vstupy a výstupy produktu.

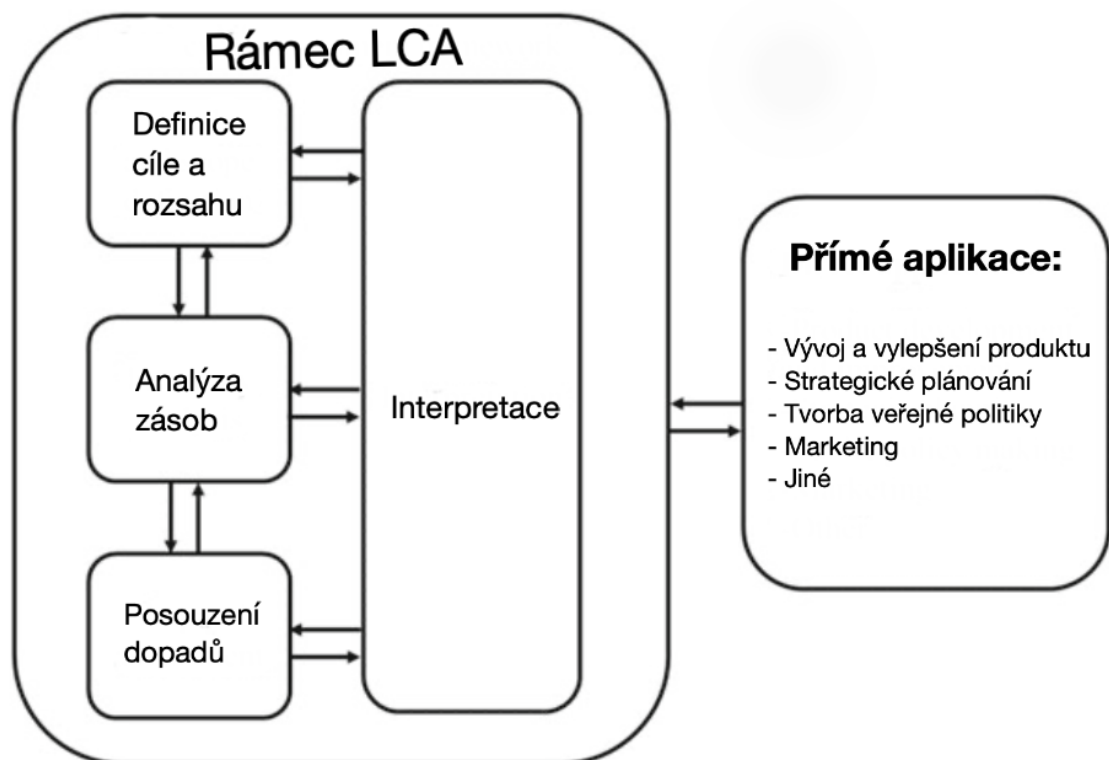
Posouzení životního cyklu často označované jako hodnocení „od kolébky do hrobu“ je nástrojem pro hodnocení dopadů produktu (nebo služby) na životní prostředí po celou dobu jeho životnosti. Posuzování začíná těžbou surovin, ze kterých je vyroben, přes výrobu materiálů, výrobu produktů, použití produktů, opětovné použití a konečnou likvidaci na konci životnosti. LCA je typicky zaměřeno na ochranu životního prostředí, nicméně existují související nástroje, jako je kalkulace nákladů životního cyklu (LCC) a hodnocení sociálního životního cyklu (S-LCA), které využívají rámec LCA pro řešení ekonomických a sociálních dopadů (Gheewala & Silalertruksa, 2021).

Je třeba také zhodnotit proces recyklace výrobku a její vliv na životní prostředí. Tento proces totiž vyžaduje energii a tím přispívá k zátěži životního prostředí. Proto je recyklace výhodná pouze tehdy, pokud nepředstavuje zátěž pro životní prostředí. Cílem je docílit této zátěže na minimum. Při výrobě recyklovaného kameniva vzniká několik environmentálních zátěží. Drcení vytváří vysokou prašnost, manipulace těžkými stroji představuje velkou hlučnost, riziko představují havárie a závady na strojích nebo nákladních autech. Samotná doprava a přeprava také významně emituje škodliviny jako jsou oxid uhličitý, oxidy dusíku nebo oxid siřičitý. Aby byla recyklace šetrná k životnímu prostředí, je zapotřebí tyto negativní aspekty vnímat, zkoumat, vyhodnocovat a eliminovat. Pouze tehdy bude mít recyklace ten správný význam a pravou měrou přispěje k trvale udržitelnému rozvoji společnosti (Vytlačilová, 2012).

Fáze *Life Cycle Assessment*

- Definice cíle a rozsahu
- Analýza zásob (inventarizační analýza)
- Posouzení dopadů
- Interpretace (životního cyklu)

Obr. 8: Rámec posouzení životního cyklu



Zdroj: Vlastní úprava dle Gheewala & Silalertruksa, 2021

Definice cíle a rozsahu

Prvotní fází je definice cíle a rozsahu. V této fázi je definováno zamýšlené použití studie spolu s důvody pro provedení studie a zamýšleným "publikem", pro které je studie

provedena. Jakmile je definován cíl studie, je formulován rozsah, který v podstatě zahrnuje systémovou hranici studie. Co má být do studie zahrnuto nebo z ní vyloučeno, je v případě potřeby transparentně definováno s odůvodněním. V této fázi jsou stanoveny požadavky na potřebné údaje, alokační postupy pro produkty, předpoklady a omezení studie (Gheewala & Silalertruksa, 2021).

Důležitým krokem je definování “funkční jednotky”, což představuje kvantifikaci služby poskytovanou produktem / službou. To slouží jako spravedlivý základ pro srovnání. Studie LCA jsou obvykle svou povahou **srovnávací**, buď srovnávají konkurenční produkty poskytující stejnou službu, nebo porovnávají produkt se sebou samým, když jsou provedena vylepšení. V oblasti stavebnictví to může být porovnávání betonu s jinou příměsí nebo s jiným poměrem recyklovaného kameniva, kde je stanoveno jeho umístění / využití a následné porovnávání jeho opotřebení a posouzení celkového životního cyklu (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Funkční jednotka by mohla být pro aktivitu ve stavebnictví definována jako “Slouží jako cesta pro chodce o velikosti 100m², přes kterou denně projde průměrně 1000 lidí.”

Analýza zásob

Jakmile jsou definovány cíl a rozsah, dalším krokem je shromáždit inventární data životního cyklu obsahující vstupy a výstupy z každého procesu v každé fázi životního cyklu. Vstupní data zahrnují použité zdroje, materiály a energii a výstupní datové produkty/druhotné produkty, stejně jako emise do ovzduší, vody a půdy a pevný odpad. Údaje o dopravě (zejména o spotřebě paliva) musí být také shromažďovány.

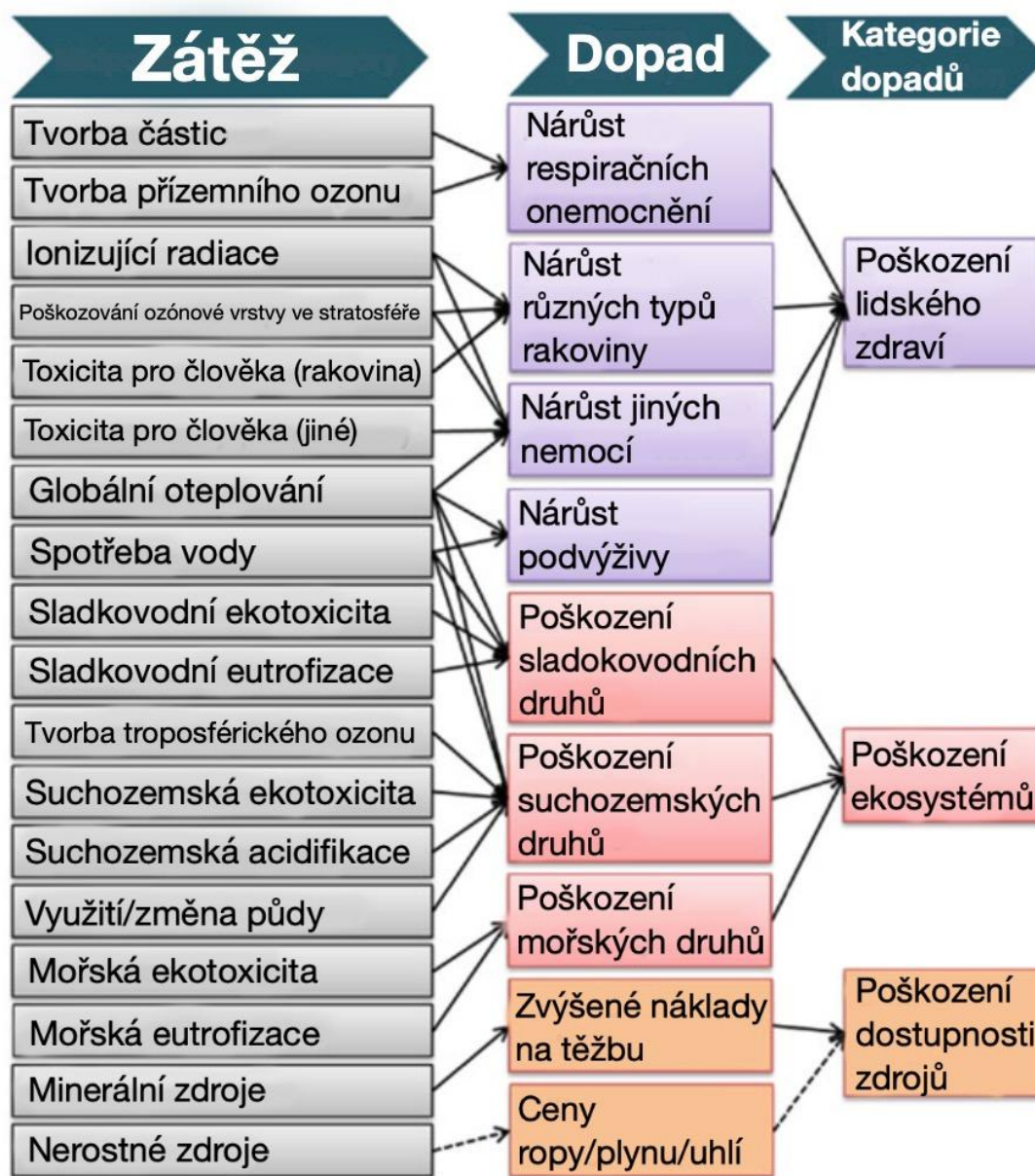
Mnoho základních údajů (označovaných jako podkladová data), jako je těžba nerostů a fosilních paliv, výroba materiálů (např. železo, polyetylen, atd.), výroba elektrické energie, pochází z národních/mezinárodních databází nebo z jiné literatury. Není praktické nebo dokonce smysluplné získávat primární data pro takové položky pokaždé, když se provádí nová LCA. Na druhé straně jsou procesní data (např. množství použitých materiálů, množství elektřiny a použitých paliv atd.) obvykle shromažďována přímo z výrobního zařízení (primární data o činnosti). Všechna shromážděná data jsou posléze přiřazena ke sledované

funkční jednotce a tím lze zpětně vysledovat veškeré zpracované produkty s uvolněnými emisemi do životního prostředí. Každá aktivita ovlivňující stav životního prostředí, ať už se jedná o těžbu zdrojů nebo vypouštění emisí do ovzduší, vody, půdy atd., přispívá k ekologickým zátěžím, které je nutné kvantifikovat (Gheewala & Silalertruksa, 2021).

Posouzení dopadů

Jakmile jsou všechna inventární data shromážděná a ověřena, musí být převedena na možné dopady. To se provádí prostřednictvím posouzení dopadů životního cyklu. Obecně se metody hodnocení dopadů životního cyklu dělí do dvou skupin – *Midpoint impact category* a *Endpoint area of protection*. “Středové” dopady jsou propojeny s “koncovými” dopady prostřednictvím *Damage pathways*, tedy cestami poškození (Gheewala & Silalertruksa, 2021). Tyto dopady a jejich propojení jsou zobrazeny na obrázku č.9.

Obr. 9: Obecná struktura posouzení dopadů životního cyklu



Zdroj: Vlastní úprava dle Gheewala & Silalertruksa, 2021

Odvětví stavebnictví sice nevytváří všechny uvedené zátěže, nicméně se svými rozsáhlými aktivitami jeho dopady spadají do všech výše uvedených kategorií dopadů. Významně se podílí na tvorbě částic, ať už dopravou, tak svými těžkými stroji v drtících a recyklačních linkách. Mimo to není v zátěžích uvedena nadměrná hlučnost. Je to odvětví velmi náročné na nerostné a minerální zdroje a také na vodu. Samotná výroba ve stavebnictví může představovat zvýšení ekotoxicity jak pro suchozemské, tak pro vodní prostředí.

Interpretace

Poslední krok v LCA je převedení všech vědeckých výpočtů provedených v předchozích krocích (zejména inventarizační analýza a posouzení dopadu) do výsledků, které by byly užitečné pro zamýšlené publikum v souladu s definicí cíle a rozsahu. Jsou identifikována problematická místa v oblasti životního prostředí a jsou navrženy možné zlepšení, které by pozitivně ovlivnily životní prostředí (Gheewala & Silalertruksa, 2021).

3.2 Strategické cíle CE

Cirkulární ekonomika je ekonomický a průmyslový systém, který je svou stavbou obnovující a regenerační. V této kapitole jsou zdůrazněny tři strategické cíle: „Produkt jako služba“, „Vysoce hodnotné využití zdrojů“ a „Systémové partnerství“¹¹ (Chen, Dugan, Lyu, & Tsay, 2021).

3.2.1 Produkt jako služba

Toto je možná jeden z nejdůležitějších modelů pro přechod k cirkularitě. V modelu „*sell-more, sell-fast*“ mohou společnosti generovat příjmy pouze z prodeje produktů. V tomto modelu zpravidla vyčerpají více zdrojů a vytvoří více odpadu, bez ohledu na to, jak dobře si společnosti vedou v environmentálních opatřeních. Globalizace a pohodlná doprava však umožnily rychlý pohyb obyvatelstva, spolu se stále vyvíjejícími mobilními technologiemi jsou mladí lidé více zvyklí přijímat služby, než vlastnit produkt (Chen a kol., 2021).

Model „Produkt jako služba“ lze označit jako „servitizace“, která tento model velmi dobře vystihuje. Posun od prodeje produktu k prodeji služby vyžaduje tři klíčové změny: myšlení, navrhování (design) produktu a vlastnictví. Zaprvé to vyžaduje celkový posun myšlení od lineárního obchodního modelu výroba-prodej (konec odpovědnosti) k modelu služeb s celým životním cyklem. Za druhé, v mnoha případech to vyžaduje jiný design

¹¹ Product as a Service, High-Value Utilization of Resources, Systems Collaboration

produktu. Mnoho produktů je navrženo pro krátkou životnost – jeho výrobní náklady jsou menší a produkty musíme častěji vyměňovat, což perfektně vystihuje lineární model. Nicméně model “produktu jako služby” vyžaduje kvalitní produkty, je u nich větší šance, že se nerozbijí, lze je snadno opravit nebo díly lze snadno vyměnit a případně je vzít zpátky k repasování nebo recyklaci. Čím kvalitnější je produkt, tím nižší jsou náklady společnosti na poskytování celoživotní péče. Čím snazší je repasovat, renovovat nebo recyklovat, tím vyšší hodnotu může společnost získat z produktu na konci jeho životnosti. V neposlední řadě se mění vlastnictví. Pokud společnost, která produkt vyrábí, nakonec produkt vlastní, i když produkt již nefunguje (stane se odpadem), znamená to, že společnost je odpovědná za to, aby se o něj po ukončení jeho životnosti postarala (Cui, 2021).

V cirkulární ekonomice se společnosti přesouvají k poskytování profesionálních a flexibilních služeb, aby uspokojily různorodé potřeby trhu. Aby se snížily náklady na údržbu a nakládání s odpady, prodej služeb místo produktů je nutí navrhovat trvanlivé, snadno demontovatelné a recyklovatelné produkty, které jsou tedy přirozeně udržitelnější (Chen a kol., 2021). V podmínkách České republiky je zavádění těchto snadno demontovatelných a recyklovaných produktů typické pro švédskou společnost IKEA, která s kampaní “Dejme věcem nový účel” podporuje udržitelnost a cirkularitu. Západočeská stavební společnost AZS 98, a.s. je vzhledem ke svým aktivitám také silně cirkulární, jelikož poskytuje kompletní servis při stavebních činnostech, od demolice - přes recyklaci - až po distribuci recyklátů zpět do oběhu.

Mezi další model, který se v mnohém překrývá s modelem “Produkt jako služba” můžeme zařadit model “Platforma pro sdílení”. Nejvíce pozorovatelný je tento model v mobilitě, pronájmu bydlení na dovolenou a módě (Cui, 2021). Mezi nejznámější společnosti patří AirBnB nebo Uber. V Plzeňském kraji to může být platforma pro sdílení kol KolemPlzne.cz nebo v sektoru stavebnictví půjčovny nářadí a strojů. Model platformy sdílení v minulosti vždy existoval mezi malými sítěmi lidí. Nové digitální technologie umožnily rozsáhlá, bezpečná a sledovatelná schémata sdílení, která mohou vzkvétat v globálních firmách.

3.2.2 Vysoce hodnotné využití zdrojů

Každý produkt, který používáme a spotřebováváme, je produktem složitého dodavatelského řetězce, kde každý účastník přidává svou hodnotu. Od surovin až po výrobu, logistiku, skladování, marketing atd. Akumulace těchto hodnot vyvrcholí v konečný produkt, který poté koupí uživatel. Zachováním co největší části této finální hodnoty nejen minimalizujeme náš dopad na životní prostředí, ale také zachraňujeme jeho vnitřní ekonomickou hodnotu. K tomu je zapotřebí využít “kruhových” vstupů. To se týká používání obnovitelných, biologických, regeneračních nebo recyklovaných vstupů. To platí jak pro energii, vodu i materiály. Výsledný kruhový design je zásadní pro to, aby bylo možné zachovat hodnoty během celého životního cyklu produktů. Toho lze dosáhnout na dvou frontách: technický cyklus a biologický cyklus (Chen a kol., 2021).

Vazba mezi biologickým cyklem a technickým cyklem popisuje synergii mezi těmito dvěma cykly. Dřevo může být například surovinou pro domácí nábytek a v rámci technického cyklu může být znovu opraveno a použito. Na konci svého životního cyklu může vstoupit do biologického cyklu prostřednictvím kompostování nebo anaerobní digesce. Produkty v biologickém cyklu jsou navrženy tak, aby se znovu dostaly do biosféry. Produkty v technickém cyklu jsou navrženy tak, aby po dobu životnosti došlo k minimální ztrátě kvality (Chen a kol., 2021).

Pro tuto práci je hlavním předmětem zkoumání technický cyklus, proto se biologickému cyklu tato práce nebude více věnovat. V technických cyklech by se místo ničení hodnoty výrobků po likvidaci měla dát přednost prodloužení životnosti nebo opětovné použití výrobku v původní podobě (ideálně upcyklovat). Poté je důležité přijít na způsob, jak zachovat hodnoty komponentů. Vzhledem k tomu, že součásti produktů nelze po ukončení životnosti úplně uchovat, procházejí recyklačním systémem a zpracovávají se na recyklované materiály. Technický cyklus vede navrhování produktu tak, aby byla zajištěna opravitelnost, snadná demontáž, recyklovatelnost a další klíčové faktory produktu, které zajistí cirkularitu (Cui, 2021).

Poslední možností v oběhové ekonomice je obnova zdrojů. Všechny produkty v určitém okamžiku dosáhnou konce své životnosti. Když všechny ostatní cirkulární modely již

nelze aplikovat, je důležité získat zpět cenné materiály a zdroje, které lze využít v dalších výrobních procesech (Cui, 2021).

3.2.3 Systémové partnerství

Vzhledem k tomu, že některé produkty jsou dnes velmi složité a prostupují napříč různými průmyslovými odvětvími, žádná jednotlivá společnost nedokáže sama reálně řídit cirkularitu ve výrobě. Vyvíjení společného úsilí v rámci celého hodnotového řetězce a napříč průmyslovými odvětvími je zásadní. Kromě toho musí vláda, akademici, výzkumné ústavy, společenské organizace a média spolupracovat na integraci nezbytných opatření spolu s modernizací průmyslu (Chen a kol., 2021). Existují dva konkrétní způsoby, jak lze dosáhnout spolupráce:

- 1) **Průmyslová symbióza:** Uspořádání výměny zdrojů (včetně surovin, energie, vody, vedlejších produktů, zařízení, logistiky, odborných znalostí atd.) způsobem, který je nejužitečnější v lokalizovaném prostředí mezi společnostmi, a tím vytvořit konkurenční výhodu. Taková spolupráce je například typická pro několik průmyslových parků na Tchaj-wanu. Výborným příkladem je také Nizozemsko, kde se ve sklenících ke stimulaci růstu rostlin využívá oxid uhličitý z elektráren a odpadní teplo se využívá k vyhřevu škol a bazénů. Mimo úspory energie se také v tomto procesu zaměřují na úsporu vody, kterou snížili o 90%. Díky těmto účinným systémům a vysoce efektivnímu zemědělství je Nizozemsko druhým největším vývozcem potravin podle hodnoty. Je to dokonalý příklad vytváření symbiózy velkého rozsahu napříč sektory (Chen a kol., 2021).
- 2) **Křížový dodavatelský řetězec¹²:** Výrobci mohou spolupracovat s recyklátory a poskytovat klientům kompletní balíček služeb. Toto řešení garantuje výrobek až do ukončení jeho používání, kdy bude recyklován. „Toky znalostí“ a „finanční toky“ je třeba odpovídajícím způsobem sladit s „toky materiálů“ v dodavatelských řetězcích (Chen a kol., 2021).

¹² Cross-Supply Chain Alignment

3.3 Dimenze a indikátory pro měření cirkularity ve stavebnictví

Tato podkapitola se zaměřuje na měření, které stojí za to ve stavebnictví sledovat. Měření těchto indikátorů umožňuje podnikům, veřejné správě a vládám řídit určitý stupeň implementace CE. K docílení udržitelného stavebnictví je zapotřebí dojít několika kroky. Za prvé je důležité zlepšit a zefektivnit veškeré stavební procesy a použití materiálů. Za druhé, vytvořit uzavřené průmyslové prostředí založené na CE. Za třetí, změna uvažování ohledně výstupu stavebnických projektů, kdy finální výsledek není hmotný, ale je spíše brán jako služba¹³, o kterou je i nadále nutné vhodně pečovat a spravovat ji. Za čtvrté, využívat čistou energii a zlepšit její efektivitu (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Výzkumní pracovníci v odborné literatuře zanalyzovali indikátory ekoeфективности v různých dimenzích použitelné pro hodnocení ekologicky efektivního průmyslového parku. Většina z nich se zaměřuje na menší spotřebu vody, méně spotřebované energie a méně materiálu na jednotku produktu nebo na jednotku přidané ekonomické hodnoty. To se také promítá do méně pevného odpadu, méně odpadních vod, méně nebezpečných emisí a odpadu na jednotku produktu nebo na jednotku ekonomické přidané hodnoty (Nuñez-Cacho a kol., 2018). Každý indikátor v okruzích témat byl výzkumným týmem ohodnocen od 1-5, kde 1 = nejméně relevantní, 5 = nejvíce relevantní. Konkrétně se jedná o tyto okruhy témat, neboli dimenze:

- Přechod na CE
- Materiály
- Energie
- Voda
- 3R - reduce, reuse, recycle (viz podkapitola 3.1)
- Emise do ovzduší
- Odpad,

příčemž okruhy témat **energie, voda a 3R** byly výzkumným týmem usouzeny jako nejrelevantnější, tudíž využíváním obnovitelné energie, úsporou vody a uplatňováním principu 3R (snížením vstupních energií a surovin, znovuvyužitím vedlejších produktů a

¹³ koncept "Produkt jako služba"

recyklací odpadů) lze největší měrou pozitivně ovlivnit ostatní okruhy témat a tím přispět k odlehčení environmentálních zátěží.

V dimenzi “Přechod na CE” jsou nejrelevantnější sledované indikátory, jestli společnosti navrhují produkty podle principů cirkulární ekonomiky, jestli společnosti míří k transformaci na model cirkulární ekonomiky, zdali společnosti berou v potaz environmentální záležitosti nebo využívání moderních technologií pro modelování nových staveb. Dalším indikátorem je využití Building Information Modelling (Informační model budovy, zkr. **BIM**) (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Pro dimenzi “Materiály” se logicky nabízí indikátor, zdali je produkt vyrobený z recyklovaného materiálu (asfalt, beton) nebo zdali jsou používány materiály šetrné k životnímu prostředí. S tím souvisí také indikátor, zdali společnost snižuje těžbu hlavní nerostné suroviny. Mezi důležitými indikátory je také snižování přímého vstupu materiálů a existence evidence pro použité materiály a látky na stavbě. Dispozice ukazatelů pro zlepšení využití materiálů je také důležitý indikátor v této dimenzi (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

V klíčové dimenzi “Energie” je nejdůležitější, jestli je v procesu využívána obnovitelná a čistá energie. Neméně důležitým indikátorem je zavedení energeticky úsporných opatření, respektive vyjádření úspory energie v procesu. Dispozice ukazatelů pro zlepšení energetické účinnosti je také jedním z indikátorů a využívání biopaliv je odborníky také sledováno. Kromě toho dimenze “Energie” zahrnuje specifický ukazatel pro stavebnictví jako: Úroveň spotřebované energie na tunu vyrobené betonové / asfaltové směsi (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Společnosti využívající recyklovanou a znovu použitou vodu sbírají body ve vytváření cirkulárního modelu v podniku. Užívání vodě šetrných látek během výroby i během čištění vod a odpadních vod je další z indikátorů v dimenzi “Voda”. Mezi další indikátor cirkularity patří dispozice ukazatelů poměru průmyslového znovupoužití vody a dispozice ukazatelů pro zlepšení účinnosti vody (šetření s vodou). Zacházení s vodou je v současnosti velké téma napříč celou společností (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

V dimenzi “3R” je indikátor pro každé jedno R, tedy podpoření podílu recyklace pevného odpadu; indikátor produkt/službu lze znovu využít; zajistit delší životnost použitých

zdrojů díky snížení jejich opotřebení. Stavebnictví má velmi odolné materiály, které usnadňují opětovné použití, takže se musí zakomponovat návrhy a technologie, které opětovné použití umožňují. Nejvíce ceněným indikátorem je „Naše společnost zlepšuje poměr: využití recyklovaných materiálů/výroba“ (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Jedním z nejvíce znepokojujících problémů současnosti je nutnost snižování negativních externalit, které společnost vytváří, a jejich dopad na životní prostředí. Nejnovější dohody o emisích zdůrazňují, že jde o jeden z klíčů ke zlepšení cirkularity v odvětví, jako je stavebnictví. Sledovanými indikátory v dimenzi “Emise” je mnoho. Můžeme mezi ně zařadit snižování uhlíkové stopy; snižování emisí oxidu uhličitého; snižování energeticky nepřímých emisí skleníkových plynů nebo snižování energetické environmentální stopy (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

V poslední dimenzi “Odpad” je nejvíce důležitým indikátorem: Snížil výsledný produkt / služba potenciální množství odpadu? Mezi další indikátory patří: Zlepšuje se míra recyklace pevného odpadu? Snižuje se množství nebezpečného odpadu? Nakládá se s odpadem efektivně? Uplatňují se opatření k prevenci, recyklaci a odstranění odpadu? To jsou jedny z nejdůležitějších otázek, se kterými se musí s odpady ve stavebnictví počítat. Existuje kompletní seznam pevného odpadu pro výrobní proces? Vytvoření seznamu s množstvím a druhy odpadu při procesu stavby/výroby je také velmi důležité (Nuñez-Cacho, 2018). Materiálové **využívání odpadu** je v kontextu této diplomové práce využití stavebního a demoličního odpadu místo primární suroviny. Legislativně je využívání odpadu ve stavebnictví definováno v příloze č. 3 v zákonu o odpadech pod kódem R 5 - recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů (Vytlačilová, 2021).

Na základě těchto indikátorů lze posoudit a “měřit”, jak si určité podniky vedou v jejich cirkulárním snažení. To bude v budoucnosti pro zajištění udržitelného stavebnictví klíčové. Zkoumání těchto indikátorů je užitečné jak pro firmy, tak pro vlády, protože tyto ukazatele jsou již měřeny stavebními firmami, čímž je zaručena použitelnost a možnost použití dynamických ukazatelů, které umožňují porovnávat míru implementace CE mezi různými společnostmi a různými časovými obdobími. Vlády a veřejné správy se obávají problémů životního prostředí, zejména úrovně CO₂, produkovaného odpadu a nedostatku materiálů. Kromě toho ekonomické subjekty musí zhodnotit implementaci CE, čelí-li novým

strategickým předpisům, které jsou implementovány nebo projednávány např. Evropskou unií. Přejít na model cirkulární ekonomiky není pouze otázkou společenské odpovědnosti, ale stal se také strategickým faktorem, který společností zaručuje budoucí kontinuitu a zaručuje plnění závazku vlád k cílům snižování CO₂ (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

Stavebnictví vyžaduje naléhavá opatření. Tato podkapitola přispívá k hodnocení implementace CE ve stavebnictví, od tradičních výrobních systémů až po kruhový model. Energie, materiály, voda a 3R jsou dimenze související s řízením zdrojů. Dimenze odpad a emise, souvisí s dopadem na životní prostředí, přičemž zbývající indikátor je přechod na CE. Lze tedy získat informace o míře dlouhodobé udržitelnosti stavební společnosti a míře implementace CE (Nuñez-Cacho a kol., 2018).

4 Přehled druhotných surovin ve stavebnictví

Tato kapitola se zaměřila na strategický dokument odpadového hospodářství pro Plzeňský kraj - Plán odpadového hospodářství Plzeňského kraje 2016–2026, na jeho každoroční vyhodnocení a následně na vybrané potenciální druhotné suroviny. Na základě krajských dokumentů vyčíslí, jaký objem konkrétních odpadů s potenciálem ve stavebnictví nám na území Plzeňského kraje odpadové hospodářství nabízí.

Česká republika má vlastní legislativu zaměřenou na zacházení s odpady. První zákon o odpadech byl prosazen až v roce 1991. S připojením do Evropské unie je naše legislativa ovlivňována evropskými předpisy. Na celorepublikové úrovni je snaha o implementaci Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 (dále jen POH ČR). Ten byl vyhlášen ke dni 1. ledna 2015 a předcházelo mu nařízení vlády č.352/2014 Sb. Samotné kraje poté přebírají zodpovědnost za vytvoření vlastního plánu na krajské úrovni na základě § 43 zákona č.185/2001 Sb. Tento krajský plán byl vytvořen pro období 2016–2026 (Plzeňský kraj, 2016).

4.1 Odpady využívané ve stavebnictví

Tato práce se sice zaměřuje na recyklovaný beton, nicméně v rámci cirkulární ekonomiky je vhodné představit i další zdroje druhotných surovin, které se dají využít ve stavebnictví. Takového odpadu je plné množství a místo neefektivního skládkování ho lze využít smysluplně a plnohodnotně v dalším stavebním projektu, ať už se jedná o rekonstrukci nebo novostavbu. Za **druhotnou surovinu** se považuje materiál, který sice už není brán jako odpad, ale nevstoupil do výrobního procesu nebo nebyl ještě znovu využit. Definice není podle současné legislativy přesně vymezena. Hlavním úskalím termínu druhotná surovina je, že není přesně stanoveno, do kdy se jedná o odpad a odkdy je to druhotná surovina určená k dalšímu využití. Obecně se dá druhotná surovina oddělit od termínu stavební a demoliční odpad po procesu recyklace (tzn. po separaci, drcení a roztřídění) (Vytlačilová, 2012).

4.1.1 Stavební a demoliční odpad

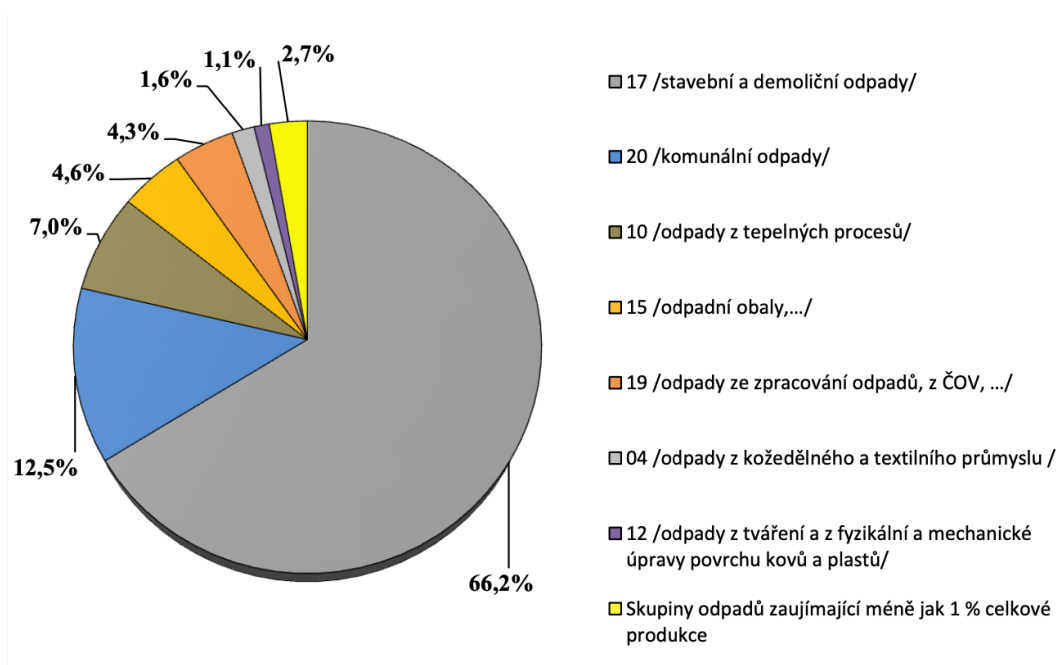
Stavební a demoliční odpad (SDO) vzniká při stavbě domu, při údržbě stávající stavby, při změnách dokončené stavby či při úplné demolici. Tento odpad je zařazený do kategorie 17 Katalogu odpadů v POH PK (Vytlačilová, 2021). Jde o nejvýznamnější materiálový tok v odpadovém hospodářství, proto mu věnují státy, zejména v Evropské unii, zvýšenou pozornost. Sledovat tyto toky, tj. zdroje odpadu a způsoby jejich nakládání, je pro využívání tohoto odpadu zásadní. SDO zahrnuje starý beton, zdivo, střešní krytinu (tašky), keramiku, dřevo, plasty, sklo, asfaltové směsi, malta, sádrové směsi, kovy (ocelové prvky), azbest a vytěženou zeminu. Díky takovému počtu různého druhu odpadu v jedné kategorii vzniká poměrně široká škála různých recyklátů (Vytlačilová, 2021). Složení SDO závisí na charakteru bourané stavby. Recykláty ze SDO jsou vstupní surovinou pro recyklovaný beton a o něm bude příští kapitola této práce. **Recyklát ze stavebního a demoličního odpadu** je materiálový výstup z upraveného stavebního a demoličního odpadu. Odpad je zpracován v recyklačních linkách a roztříděn na určité frakce, aby byl poté uveden na trh a prodán k dalšímu využití (příměs do recyklovaného betonu). Tento produkt musí být v souladu s konkrétními předpisy nebo použit pro úpravy terénu v souladu se zákonem o odpadech a vyhláškou č.294/2005 Sb. (Vytlačilová, 2021). **Recyklované kamenivo** musí splňovat požadavky dle normy ČSN EN 12620 (Kamenivo do betonu). Vyrábí se z minerálních stavebních a demoličních odpadů. Definice zní: “kamenivo získané zpracováním anorganického materiálu dříve použitého na konstrukci”. Toto kamenivo lze vyrábět nejen ze stavebního a demoličního odpadu, ale i z průmyslového a komunálního odpadu (Vytlačilová, 2021).

Pro stavebnictví není typické pouze samotné stavění, ale doprovází (resp. předchází) ho i proces demolice, díky němuž vzniká obrovské množství stavebního odpadu / suti. Odhaduje se, že polovina všech odpadů v České republice je právě stavební suť. Pro Plzeňský kraj je tento poměr pro rok 2013 ještě větší, viz Obrázek č. 10. Na úrovni Evropské unie vytváří sektor stavebnictví 30–40 % všech odpadů. Tento odpad je zapotřebí ekologicky zlikvidovat, tzn. umístit na bezpečnou skládku nebo ho přeměnit na druhotnou surovinu.

Přeměna stavebního a demoličního odpadu na recyklované kamenivo je jedním z hlavních cílů “Plánu odpadového hospodářství” (Vytlačilová, 2021).

Klíč k vyřešení problematiky se může nacházet v samotném odvětví stavebnictví, které se na jednu stranu snaží naplnit poptávku trhu, na druhou stranu se musí vypořádat s ubývajícími stavebními surovinami a nadměrnou ekologickou zátěží v podobě obrovského množství stavební sutě. Díky inovacím dochází k technologickému pokroku, který nám umožňuje vymýšlet způsoby, jak efektivně zacházet s odpadem. Část stavební sutě lze totiž využít jako druhotnou surovinu v rámci cirkulární ekonomiky a zapojit ji do dalšího procesu výroby. Je důležité zmínit “část” stavební sutě, jelikož stavební suť se skládá nejen z materiálů vhodných pro výrobu recyklovaného betonu. Při výrobě recyklovaného betonu se přidává do procesu výroby recyklované kamenivo, tudíž je zapotřebí stavební suť recyklovat a kamenivo musí projít drtícími linkami, aby se dalo dále využít. Podíl materiálů ve stavebním a demoličním odpadu je zobrazen v tabulce č.1.

Obr. 10: Celková produkce odpadů v PK dle skupin odpadů v roce 2013



Zdroj: ISES, 2015

Tab. 1: Struktura stavebního a demoličního odpadu

SDO	Podíl z celkové produkce SDO
Výkopová zemina	65 - 72 %
Materiál z demolice vozovek	10 - 15 %
Demoliční stavební minerálová suť	22 - 27 %
Odpady ze stavenišť	4 - 6 %

Zdroj: Vytlačilová, 2012

Dostupnost recyklátů ze stavební suti je pro každou oblast specifická. Vzhledem k tomu, že stavební suť je dostupný zdroj, hraje hlavní roli na využívání recyklátů cena za dopravu a provoz strojů. Udává se ekonomická vzdálenost okolo 30 km. Problém může vznikat pro obce, kde není o recykláty zájem. V těchto oblastech hrozí zaplnění deponií a obce v těchto oblastech se budou muset vypořádat s přeplněnými skládkami. Recyklační firmy přestanou kvůli malé poptávce stavební odpad přijímat, ale díky mobilním linkám tuto situaci ekonomicky přežijou (Vytlačilová, 2012).

Betonový recyklát je velmi žádaný a v podstatě nedostatkové zboží. Je přibližně o 20–50 % levnější než přírodní kamenivo a kromě zásypů se využívá jako plnivo do betonu s nižšími pevnostními požadavky. **Cihelný recyklát** je vzhledem k dosluhování starých cihelných staveb v současnosti nejzpracovatelnější stavební odpad v recyklačních linkách. Jeho využití je široké, od klasického využití v podobě zásypů a násypů, provizorních cest, až po přísadu do maltové směsi, výroby nepálených lisovaných cihel, drenážního betonu či cihlo-betonových prefabrikátů. Cihelný recyklát je o 50–70 % levnější, tudíž jeho využití je značně úspornější. Jakožto druhotnou surovinu lze využít **odpadní kamenivo**. Při těžbě přírodního kameniva je 20 % z těžby právě tímto reziduem. I tento materiál může sloužit jako příměs do betonu s nižšími požadavky (Vytlačilová, 2012).

4.1.2 Průmyslový odpad

Tento odpad nevzniká v sektoru stavebnictví, nýbrž v jiných průmyslových odvětvích nebo z těžby primárních surovin. Průmyslová výroba a těžba surovin se snaží minimalizovat množství odpadu, ale pokud přeci jen odpad při těchto aktivitách vzniká, hledá se způsob, jak tento odpad využít. Mezi nejčastějším průmyslovým odpadem je vysokopecní struska a popílek. Vysokopecní struska jsou rezidua z oceláren a sléváren, které vznikají během tavení v pecích. Popílek vzniká ze spalování uhlí a je to velmi užitečný odpad, využíván jako příměs do cementu nebo betonu. Mezi další průmyslový odpad využívaný v sektoru stavebnictví můžeme zařadit škváru, energosádrovec, umělý kámen z odpadu (keramzit), železité odprašky a další (Vytlačilová, 2021).

4.1.3 Komunální odpad

Komunální odpad zahrnuje veškerý odpad vytvořený lidskou společností. Kromě směsného odpadu zahrnuje i separované odpady, tj. tříděný odpad (papír, sklo, plasty, kartony od nápojů) a další odpady (nebezpečný odpad, odpad ze zahrad a parků, objemný odpad, atd.). Jelikož se jedná o přibližně 15 % celkového vyprodukovaného odpadu, lze tvrdit, že to je poměrně významná část vyprodukovaného odpadu. Využití tohoto odpadu je velkým pozitivem pro skládkování a cirkularitu. V roce 2012 se recyklovala přibližně čtvrtina. V době psaní této práce se část komunálního odpadu spaluje. Recyklace tohoto odpadu je velmi žádoucí, neboť prodlužuje životnost velkého počtu materiálů, tj. původních surovin a udržuje je stále v cyklu (Vytlačilová, 2021).

Tchajwanská společnost MINIWIZ například postavila EcoARK Pavilion, devítipatrovou budovu vyrobenou z Bolli-Brick (cihla Bolli), revolučního stavebního materiálu vyrobeného ze 100% recyklovaných PET lahví. Modulární samozamykací struktura ji činí extrémně pevnou bez jakýchkoliv chemických lepidel, přičemž váží pouze jednu pětinu tradičních stěnových systémů. Na stavbu EcoARK Pavilion bylo použito 300 tisíc těchto cihel vyrobených z 1,5 milionu lahví (Chen a kol. 2021). Dokonalý příklad využití komunálního odpadu v sektoru stavebnictví.

Pro další příklad využití recyklátů z komunálního odpadu můžeme zůstat v České republice. Příbramská firma Recifa, zabývající se svozem odpadu, se inspirovala v zahraničí. Vyseparované **sklo** nadrtí a rozemele, aby se z něj za vysokých teplot vytvořilo pěnové sklo. Pěnové sklo se osvědčilo jako výborný izolant. Dále lze sklo využít jako podklad pro vozovky. Společnost Ciur vyvinula směs, kterou nazývá Substabit. Je použita 10 cm pod povrchem vozovky a údajně zlepšuje její vlastnosti (Boříková, 2020). Využití skla jako druhotné suroviny ve stavebnictví je v zahraničí běžné a existuje na to několik případových studií. Jedním z oblíbených využití je přidávání jeho formy do betonu a asfaltu.

4.2 Stavební a demoliční odpad v Plzeňském kraji

V této podkapitole se podíváme na Plán odpadového hospodářství Plzeňského kraje 2016–2026 a jeho následné každoroční vyhodnocení. POH PK 2016–2026 vypracovává soukromý subjekt na pobídku Plzeňského kraje. Tento desetiletý plán se skládá z několika kapitol. V Úvodní části (I.) je popsána samotná struktura plánu, cíle a charakteristika Plzeňského kraje v oblasti odpadového hospodářství. V Analytické části (II.) jsou veškerá dostupná data o odpadech v kraji rozčleněna do jednotlivých kategorií a jsou zde stanoveny způsoby nakládání s odpady. Závazná část (III.) je v souladu s POH ČR. Klade důraz na principy způsobů nakládání s odpady a hierarchii od sběru po samotnou recyklaci. Ve Směrné části (IV.) je přehled nástrojů pro splnění konkrétních cílů. Zabývá se popisem změn v odpadovém hospodářství a je zde i několik indikátorů, které hodnotí odpadové hospodářství a cíle stanovené v závazné části (III.). Poslední částí je Závazná část - podpora (V.), kde je celkový souhrn dokumentu, jsou zde definovány kontrolní pravomoci a podtrhnuty zásady pro tvorbu sítě zařízení odpadového hospodářství.

Objem stavebního a demoličního odpadu mezi lety 2009–2013 v Plzeňském kraji je v POH PK matoucí. V dokumentu se nachází více dat a například podle tabulky “Produkce odpadů dle skupin odpadů v letech 2009–2013” je každoročně (kromě roku 2010) vytěženo přes 1 milion tun stavebního a demoličního odpadu. Malým zlomkem, v tomto objemu materiálu, byla vytěžena zemina z kontaminovaných míst. Za toto sledované období byl stavební a demoliční odpad 66,2 % všech odpadů Plzeňského kraje. Vzhledem ke kategorizaci

odpadu do skupiny 17, již je zmíněná v předešlé části práce, bude tato práce pracovat s těmito údaji a touto kategorizací. Mezi největšími producenty podle POH PK 2016–2026 byly stavební firmy ŽSD a.s. stavby z Rokycan a firmy s pobočkami v Plzni: BERGER BOHEMIA a.s. a BERKO servis s.r.o. Tyto firmy vytvářely stavební a demoliční odpad bez výrazných výkyvů a podílely se na více než čtvrtině tohoto odpadu v Plzeňském kraji. Následně nám v dokumentu uvádí tabulka “Produkce prioritních druhů odpadů na území Plzeňského kraje” poněkud jiná data objemu stavebního a demoličního odpadu, dle metodiky výpočtu soustavy indikátorů. Zde byl 1 milion tun stavebního a demoličního odpadu překonán jen jednou a to v roce 2013 (2 tuny na obyvatele PK). Ve zbytku sledovaného období přesahoval objem v průměru přes 800 000 tun. Drtivá většina tohoto odpadu je znovu materiálově využita na terénní úpravy. K těmto úpravám je často použitý i odpad z dřívějších zásob (ISES, 2015).

SDO (bez zeminy a kamení) lze základně rozčlenit na dvě hlavní složky: materiál vhodný (I. a II.) a nevhodný (III. a IV.) k recyklaci. Recyklát na opětovné použití do betonu musí být stejné hodnoty (I.) jako původní materiál, zatímco recyklát s nižší kvalitou (II.) je vhodný na zásypy a terénní úpravy. Na skládkách končí pouze materiály nevhodné k recyklaci, neškodné (III.) a nebezpečné (IV.) SDO. Roztřídit SDO do jednotlivých složek (I. - IV.) je nezbytné k docílení materiálového koloběhu ve stavebnictví. K tomu je zapotřebí důkladná recyklace (Vytlačilová, 2011).

4.2.1 Výhled produkce vybraných odpadů v Plzeňském kraji v roce 2026

POH PK 2016–2026 myslí i na konec sledovaného období a snaží se vytvořit prognózu pro různé druhy odpadů pro poslední sledovaný rok, aby bylo odpadové hospodářství potenciálně připravené pro následující období. Jelikož při plánování se vznikem stavebních a demoličních odpadů nelze vycházet pouze z minulosti, jelikož produkce stavební sutě vychází z investičních či rozvojových aktivit, je klíčové při plánování vycházet z prognóz. K tomuto účelu byl navržen postup posuzování intenzivních a extenzivních faktorů. **Intenzivní faktor** se zakládá na technologické podstatě činnosti. V oblasti stavebních a demoličních odpadů je tímto faktorem tendence k selektivnímu bourání a maximalizace

využití materiálů. **Extenzivní faktor** charakterizuje četnost rozšíření určité činnosti (např. počet nových staveb v kraji, větší investiční projekty ve stavebnictví). Pokud porostou oba tyto faktory, lze očekávat nárůst stavebních a demoličních odpadů. Produkce tohoto typu odpadu je přímo závislá na množství a rozsahu stavebních aktivit realizovaných v Plzeňském kraji (ISES, 2015).

Tým odborníků byla sestavena škála hodnot od 1-5(N), aby bylo možné predikovat nárůst či pokles vzniku odpadů. Na této škále znamenala 1 - významný růst, 2 - mírný růst, 3 - stagnace, 4 - mírný pokles, 5 - významný pokles a N - nelze posoudit. Intenzivní faktor (tendence k bourání) nabírá hodnoty 4 a extenzivní faktor (počet zahajovaných staveb) nabírá hodnoty 2. Tímto jednoduchým modelem lze predikovat stagnující vývoj SDO (ISES, 2015). Tato prognóza může být samozřejmě ovlivněná nečekanými událostmi.

4.3 Síť zařízení k nakládání s odpady na území kraje

Pro účinné **nakládání s odpady**¹⁴ je zapotřebí několika technologických zařízení napříč celým krajem. Základními technologickými zařízeními pro nakládání s SDO jsou: sběrné dvory, třídící linky a překládací stanice, drcení a recyklace odpadů; a rekultivace a terénní úpravy.

Tab. 2: Vybraná stacionární zařízení na nakládání se SDO v Plzeňském kraji

Technická vybavenost území	Počet zařízení	Kapacita (t/rok)	Zpracováno odpadu za rok 2013 (t/rok)	Vyhodnocení kapacit
Sběrné dvory	76	-	94 430	nerovnoměrné rozmístění, některé lokality nutno dovybavit
Třídící linky a překládací stanice	9+2	134 000 (t/rok) 30 000 (m ³)		nerovnoměrné rozmístění, některé lokality nutno dovybavit

¹⁴ Nakládání s odpady jsou veškeré aktivity od shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování. Pojednává o tom zákon o odpadech č.154/2010 Sb. a všichni občané jsou povinni nakládat s odpady podle tohoto zákona (Vytlačilová, 2021).

Drcení a recyklace odpadů	31	-	-	dostatečný, nerovnoměrné rozmístění, některé lokality nutno dovybavit
Rekultivace a terénní úpravy	29	11 973 000	-	dostatečný

Zdroj: ISES, 2015

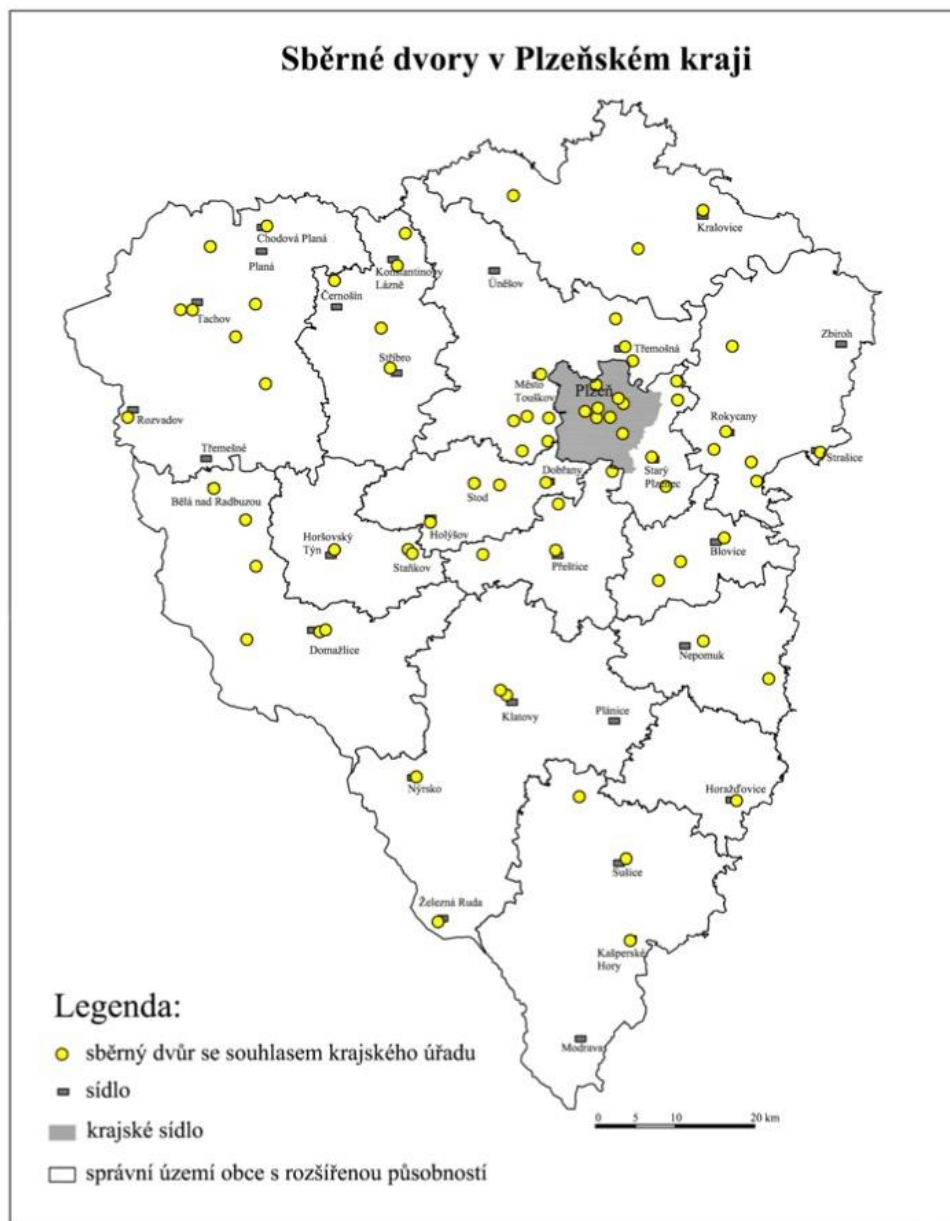
4.3.1 Sběrné dvory

Sběrné dvory jsou jednou ze stěžejních zařízení pro shromažďování odpadu. Slouží ke krátkodobému ukládání složek komunálního odpadu jako jsou objemné odpady, kovy, biologicky rozložitelných odpady ze zeleně (tráva, listy), dřevěné výrobky, stavební odpady, nebezpečné odpady nebo elektronická zařízení. Doplnkově mohou sbírat také papír a lepenku, pneumatiky, skla a plasty nebo textilní materiály. Musí k tomu splňovat technické a legislativní požadavky (ISES, 2015). Na území Plzeňského kraje je fyzickým osobám k dispozici 76 těchto zařízení. Roční kapacita je stanovena pouze u 12 zařízení a činí 21,2 tisíc tun odpadu. U dalších 57 zařízení je stanovena pouze okamžitá kapacita a ta činí 4 tisíc tun odpadu. Osm zařízení nemá stanovenou žádnou kapacitu¹⁵. Na obrázku č.11 můžeme vidět, že lokace těchto zařízení je dostatečná v okolí Plzně a ORP, nicméně v okolí menších sídel mohou mít občané s dostupností sběrného dvora problém (ORP Klatovy, Sušice) (ISES, 2015).

Sběrné dvory jsou velmi užitečné, protože v současné době musí být dovezený odpad roztríděný a usnadňuje tím s dalším rozhodováním, jak s odpadem naložit. Nejvhodnější variantou je recyklace, nejhorším scénářem je skládkování. **Skládkování odpadů** je akumulace odpadu na vyznačených skládkách. Skládky odpadů jsou právně ukotveny v zákoně o odpadech § 4 písm. h. Je to technické zařízení sloužící k likvidaci odpadů stálým uložením na zemi či pod zemí (Vytlačilová, 2012). Ukládání odpadu na skládku je bráno jako největší zátěž pro životní prostředí. V Plzeňském kraji je k dispozici 18 aktivních skládek, z toho 5 jich je na inertní odpad, do kterého spadají stavební materiály (ISES, 2015).

¹⁵ POH PK má v této statistice evidentní chybu, jelikož součet těchto zařízení v textu činí 77, zatímco v tabulce se uvádí 76 zařízení

Obr. 11: Mapa sběrných dvorů na území Plzeňského kraje



Zdroj: ISES, 2015

4.3.2 Třídící linky a překládací stanice

Na území Plzeňského kraje se nachází 9 třídících linek na papír, sklo, plasty, kovy, textil a oděvy a 3 překládací stanice¹⁶. Stacionárních zařízení provozovaných se souhlasem ke třídění odpadu je na území kraje 43. Síť těchto zařízení je v kraji nerovnoměrně rozmístěná a některé lokality je nutno dovybavit. (ISES, 2015). V následující tabulce jsou vyznačeny pouze nejvýznamnější zařízení na třídění stavebního odpadu.

Tab. 3: Nejvýznamnější zařízení na třídění SDO v Plzeňském kraji

Společnost	Okamžitá kapacita zařízení
AZS 98, s.r.o. - stf. Blovice	50 000 t
AZS 98, s.r.o. - stf. Rokycany	40 000 t
AZS 98, s.r.o. - stf. 5 – Valcha (Plzeň)	35 000 t
Luděk Marval (Kdyně)	10 000 t

Zdroj: ISES, 2015

Předtím, než se část SDO může dostat zpět do oběhu jako druhotná surovina, musí se roztřídit na jednotlivé složky. K tomu slouží třídící linky. Zde se SDO roztřídí na zeminu, stavební suť (cihly, kamení, beton, štěrk, písek, porcelán, keramika), izolační materiály a sádkokarton; nebo stavební materiál obsahující azbest. Nejcennějším odpadem k výrobě recyklátů je již zmíněná stavební suť. Zeminu lze využít pouze na terénní úpravy, ale alespoň se jako materiál dostává zpět do přírody. Mezi izolační materiály patří skelná vata, polystyren, miralon, asfaltová lepenka a další. Tyto materiály se likvidují skládkováním, v nejlepším případě se spálí společně s komunálním odpadem. Nejhorší z těchto materiálů je azbest, který je při samotné manipulaci zdraví škodlivý a jeho skládkování představuje značnou zátěž pro životní prostředí. Jedním z nejběžnějších materiálů obsahující tuto látku je eternit, používající se jako střešní krytina (Čistá Plzeň, n.d.). Skládky pro nebezpečný odpad se nachází v obci Břasy (ISES, 2015).

¹⁶ POH PK má v této statistice evidentní chybu, jelikož v textu jsou uvedeny 3 překládací stanice, zatímco v tabulce se uvádí 2 zařízení

4.3.3 Drcení a recyklace odpadů

Na území Plzeňského kraje je v provozu 31 stacionárních zařízení na drcení a recyklaci odpadů. Celková roční kapacita těchto zařízení zpracuje přes 1 220 tisíc tun. Tyto zařízení drtí nejen stavební odpad, ale také plasty, dřevo, atp. Mimo jiné dostalo povolení na území kraje 37 mobilních zařízení. V těchto zařízeních dochází k úpravě odpadů. **Úprava odpadů** je proces, při kterém se mění chemické, biologické a fyzikální charakteristiky odpadu. Podle zákona o odpadech § 4 písm. k je účelem usnadnění dopravy, využití nebo odstraňování odpadu. Dalším účelem může být odstranění jeho nebezpečných vlastností. V kontextu stavebního a demoličního odpadu jde o jeho drcení a přetřídění nebo také získání železného odpadu ze stavební sutě (Vytlačilová, 2021).

Tab. 4: Nejvýznamnější drtící linky stavebních odpadů na území Plzeňského kraje

Společnost	Roční kapacita
Petr Březina - APB Plzeň	148 000 m ³
EUROVIA CS, a.s.	80 000 tun
AZS 98, s.r.o.	40 000 tun
AZS 98, s.r.o.	40 000 tun
AZS 98, s.r.o.	okamžitá kapacita 35 000 tun

Zdroj: ISES, 2015

Tab. 5: Nejvýznamnější recyklační linky na území Plzeňského kraje

Společnost	Roční kapacita
AZS 98, s.r.o.	okamžitá kapacita 40 000 tun
AZS 98, s.r.o.	okamžitá kapacita 40 000 tun
RECYKLÁČ, s.r.o. (PLZEŇ)	roční kapacita 90 000 t
RECYKLÁČ, s.r.o. (ROKYCANY)	roční kapacita 90 000 t

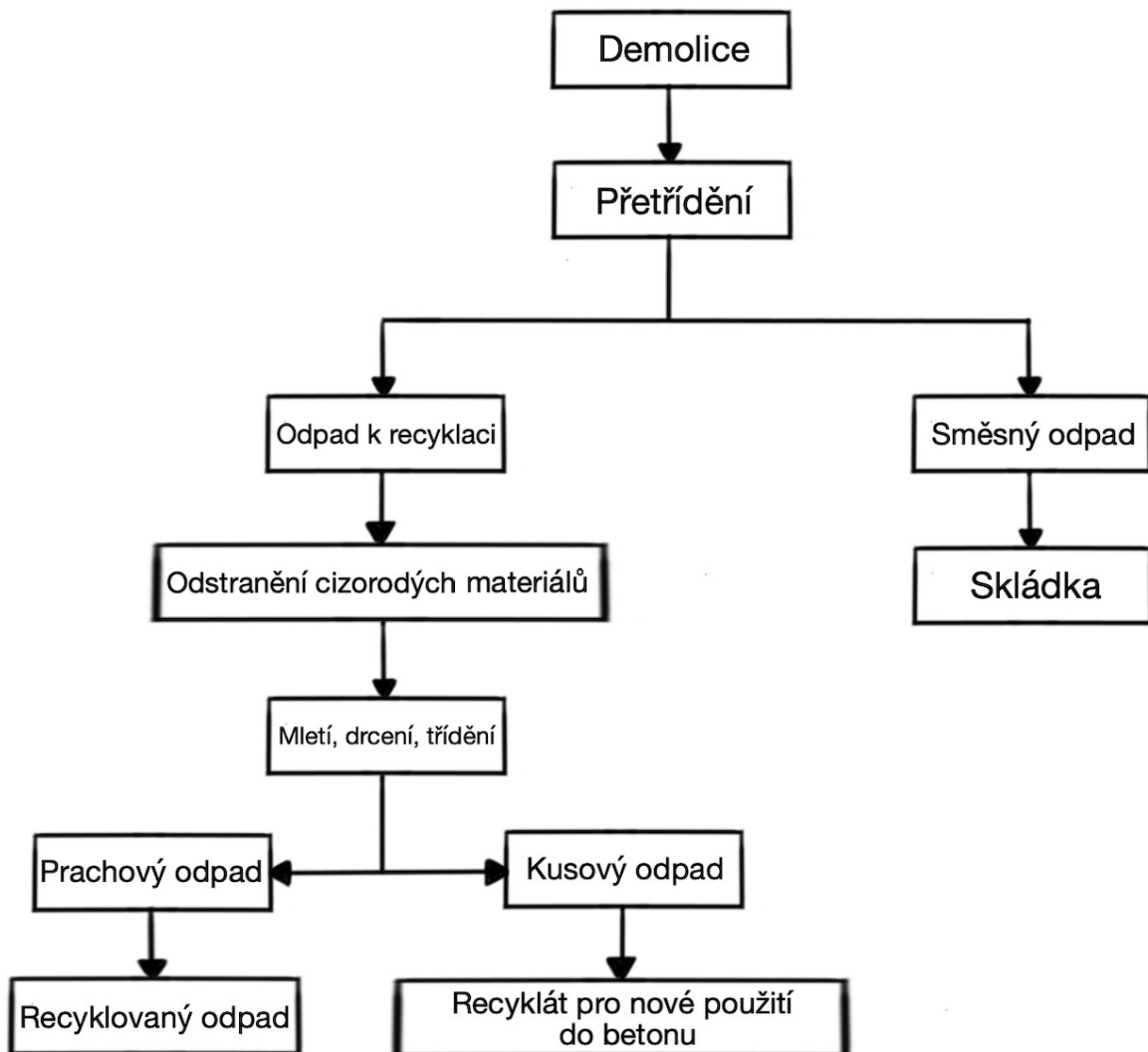
Zdroj: vlastní šetření, ISES 2015

Společnost RECYKLÁČ, s.r.o. poskytuje kompletní servis od samotné demolice, přes třídící linky, drcení a recyklaci stavebního odpadu. Jejich zařízení v Plzni ročně recykluje 80

000 tun stavební sutě a v Rokycanech 60 000 tun. Následně recykláty a druhotné suroviny přepravují soukromým subjektům i společnostem. Kromě toho disponují také mobilními zařízeními a tím nadržují a roztřídí SDO přímo na místě. Následný materiál dokáží upravit na požadovanou frakci a lze ho rovnou znovu využít. Tím se šetří životní prostředí a náklady na dopravu a mezideponie (Recykláč, n.d.).

Při výrobě recyklovaného betonu hovoříme o již zmíněné upcyklaci, tudíž recyklace bez ztráty hodnoty původního materiálu. Při nakládání se stavební sutí lze takové schéma představit takto.

Obr. 12: Schéma recyklace bez ztráty hodnoty původních materiálů (upcyklace)

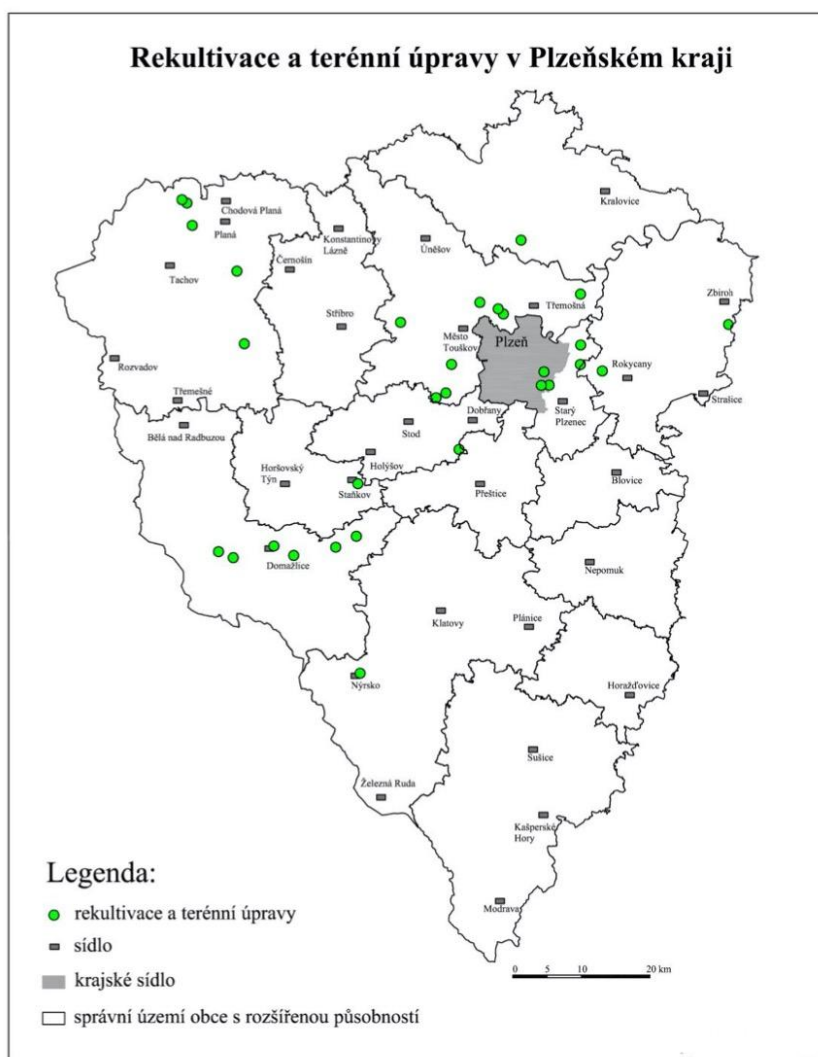


Zdroj: vlastní zpracování dle Vytlačilová (2012)

4.3.4 Rekultivace a terénní úpravy

V Plzeňském kraji se nachází celkem 29 oblastí, kde jsou využívány odpady k rekultivaci nebo terénním úpravám. Těchto míst je dostatek a nejrozsáhlejší aktivity podnikají společnosti RS Czech Republic, s.r.o. v Chotíkově (kapacita 2 906 tis. tun) a LB MINERALS, s.r.o., kteří rekultivují kaolínové doly v Chlumčanech, Dobřanech a Dnešici o kapacitě 2 500 000 m³ a lom DP Lomnička I. a DP Kaznějov o celkové kapacita 1 800 000 m³. Celková kapacita na uložení zeminy nebo dalších stavebních odpadů v Plzeňském kraji činí 11 973 tis. m³ (ISES, 2015).

Obr. 13: Mapa oblastí rekultivací a terénních úprav na území Plzeňského kraje



Zdroj: ISES, 2015

5 Využívání recyklovaných materiálů ve stavebnictví v Plzeňském kraji

Plzeňský kraj se může pyšnit recyklací asfaltu a jeho následným využitím přímo na místě. Společnost EUROVIA a.s. podílející se na rekonstrukci dálnice D5 tak použila vyfrézovaný asfalt. Tento asfaltový recyklát musí splňovat přísné požadavky a úpravy v laboratořích. Zde a následně v obalovnách se rozhodne o jeho dalším použití.

Významným průmyslovým odpadem v Plzeňském kraji je **lupek**. Lupek ve Zbůchu vznikl jako reziduum po těžbě černého uhlí. Nyní jej společnost ZUD a.s. distribuuje jako významnou surovinu využívající jako podsypový materiál pro stavbu dopravní infrastruktury¹⁷ a dalších budov.

Dlouhá léta se mohl Plzeňský kraj pyšnit účinnou recyklací **plastů**. Tu obstarávala akciová společnost Transform Stod. Tato společnost fungovala od roku 1993 a ročně dokázala recyklovat až 3000 tun plastu. Následné výrobky z recyklátů byly vhodné pro využití právě v sektoru stavebnictví pro dům i zahradu. Podnik se dostal do nepříznivé ekonomické situace kvůli nevýhodným podmínkám výkupu separovaného odpadu a vzhledem k neudržitelné situaci společnost zanikla (EnviWeb, 2002). Vzhledem k tomu, že mezi lety 2009–2013 bylo průměrně vyseparováno lehce přes 5000 tun odpadu ročně (ISES, 2015), se jedná o citelnou ztrátu. Plzeňský kraj ztratil svého výrobce plastových recyklátů pro stavebnictví, tudíž se v této oblasti nemůže zdokonalovat a nemůže se ani inspirovat z příkladů ze zahraničí zmíněných v podkapitole 4.1.3.

5.1 Objem stavebního a demoličního odpadu vhodného k recyklaci na území Plzeňského kraje

K výrobě recyklovaného betonu je potřeba pouhá část SDO, bez zeminy a kamení. Tento odpad (17 05 04 - zemina a kamení) představuje významnou část SDO a proto před

¹⁷ Stavby dopravní infrastruktury jsou stavby pozemních silničních komunikací, drah, vodních cest, letišť a jejich přidružených zařízení (Vytlačilová, 2021).

výrobou recyklátu ze stavební sutě je zapotřebí SDO roztrždit a následně vhodnou část nadrtit na požadovanou frakci. Tato část odpadu, vhodná k terénním úpravám či rekultivaci krajiny, byla z celkového počtu SDO vyňata a v tabulce č.6 je vyčísleno, kolik SDO vhodného k výrobě recyklátu se na úrovni kraje ročně generuje. Od roku 2013 je ve Vyhodnocení POH PK stanoven cíl pro využití nejméně 75 % vznikajících SDO. Z tabulky je patrné, že je tento cíl bez výhrad naplněn. Mezi lety 2005 až 2012 byla tato hranice stanovena na 50 %, což se odpadovému hospodářství také podařilo naplnit. Negativním aspektem může být, že by tento odpad mohl být využit efektivněji. Většina SDO totiž slouží k zásypům a dalším terénním úpravám, což vstupní surovinu znehodnocuje a nevrací zpět do oběhu. V roce 2016 vzniká nový cíl, aby bylo do roku 2020 nejméně 70 % hmotnosti SDO připraveno k opětovnému využití a aby byla také zvýšená míra recyklace SDO. Nutno zmínit, že ve sledovaném období 2011–2020 bylo ročně průměrně vygenerováno přes 400 000 tun SDO bez zeminy a kamení.

Tab. 6: Stavební a demoliční odpady (v tunách) v Plzeňském kraji ve sledovaném období 2011–2020 (bez zeminy a kamení)

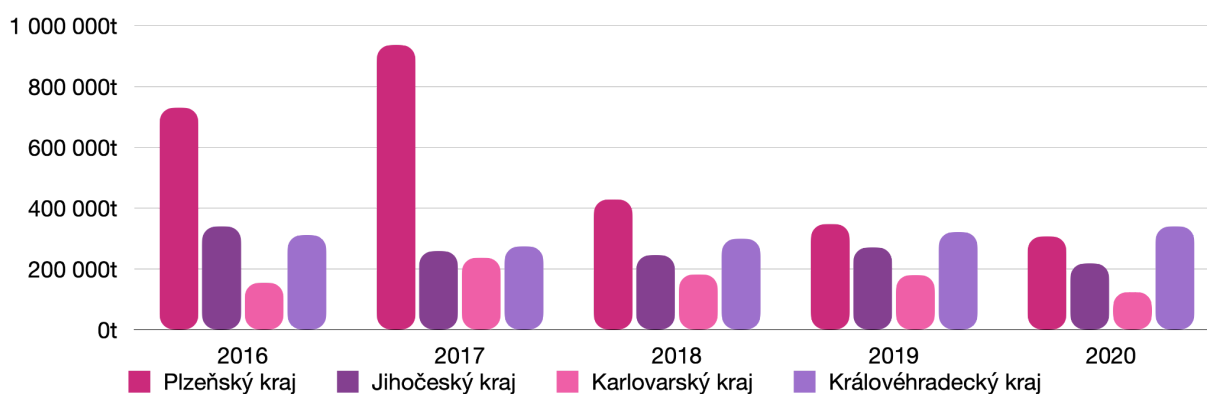
Rok	SDO (bez zeminy a kamení) (v tunách)	Odhadovaná stavební minerálová sut' (v tunách) (22–27 %)	Celkové využití SDO
2011	262445	57738 - 70860	74,57 %
2012	279478	61485 - 75459	97,29 %
2013	311572	68546 - 84124	98,58 %
2014	215348,6	47377 - 58144	97,81 %
2015	282851,4	62227 - 76370	93,7 %
2016	730500	160710 - 197235	93,8 %
2017	936200	205964 - 252774	103,1 %
2018	428500	94270 - 115695	101 %
2019	347300	76406 - 93771	112,7 %
2020	307100	67562 - 82917	132,3 %

Zdroj: vlastní dle Vytlačilová, 2012, Arcadis, 2012; Inisoft s.r.o., 2014, ISES, 2021

Jak již bylo zmíněno, k výrobě recyklovaného betonu je zapotřebí jen část SDO se stejnou kvalitou (I.). V tabulce č. 6 je použita struktura od Vytlačilové (2012), která poskytne odhadovaný objem SDO vhodného k tvorbě recyklátů do betonu.

Na grafu na obrázku č. 14 je porovnání Plzeňského kraje s dalšími vybranými kraji České republiky¹⁸. Je na něm patrné, že PK má v každém roce navrh. Výjimkou je rok 2020, kde má o něco více SDO (bez zeminy a kamení) Královéhradecký kraj.

Obr. 14: Vývoj objemu stavebního a demoličního odpadu (bez zeminy a kamení) v Plzeňském, Karlovarském, Jihočeském a Královéhradeckém kraji mezi lety 2016–2020 (v tunách)



Zdroj: vlastní zpracování dle dat z *Vyhodnocení POH jednotlivých krajů, ISES, 2017 – 2021*

Výběr těchto krajů záležel na dostupnosti dat a možnosti oddělení složky zeminy a kamení od SDO. Byla zapotřebí shoda v určitém časovém období. Tabulka s údaji ke grafu na obrázku č. 14 je v příloze C.

¹⁸ Tyto kraje jsou vybrány na základě možnosti oddělit složku zeminu a kamení od SDO, což u ostatních krajů ve vybraném sledovaném období nebylo možné

5.2 Využití recyklátu ze stavební suti jako přísada do recyklovaného betonu

Tato podkapitola se zaměří na výrobu recyklovaného betonu a posléze na prostorové rozmístění společností pracujících s tímto recyklátem. Tato podkapitola se zaměří na finální výrobu betonu z recyklovaného kameniva.

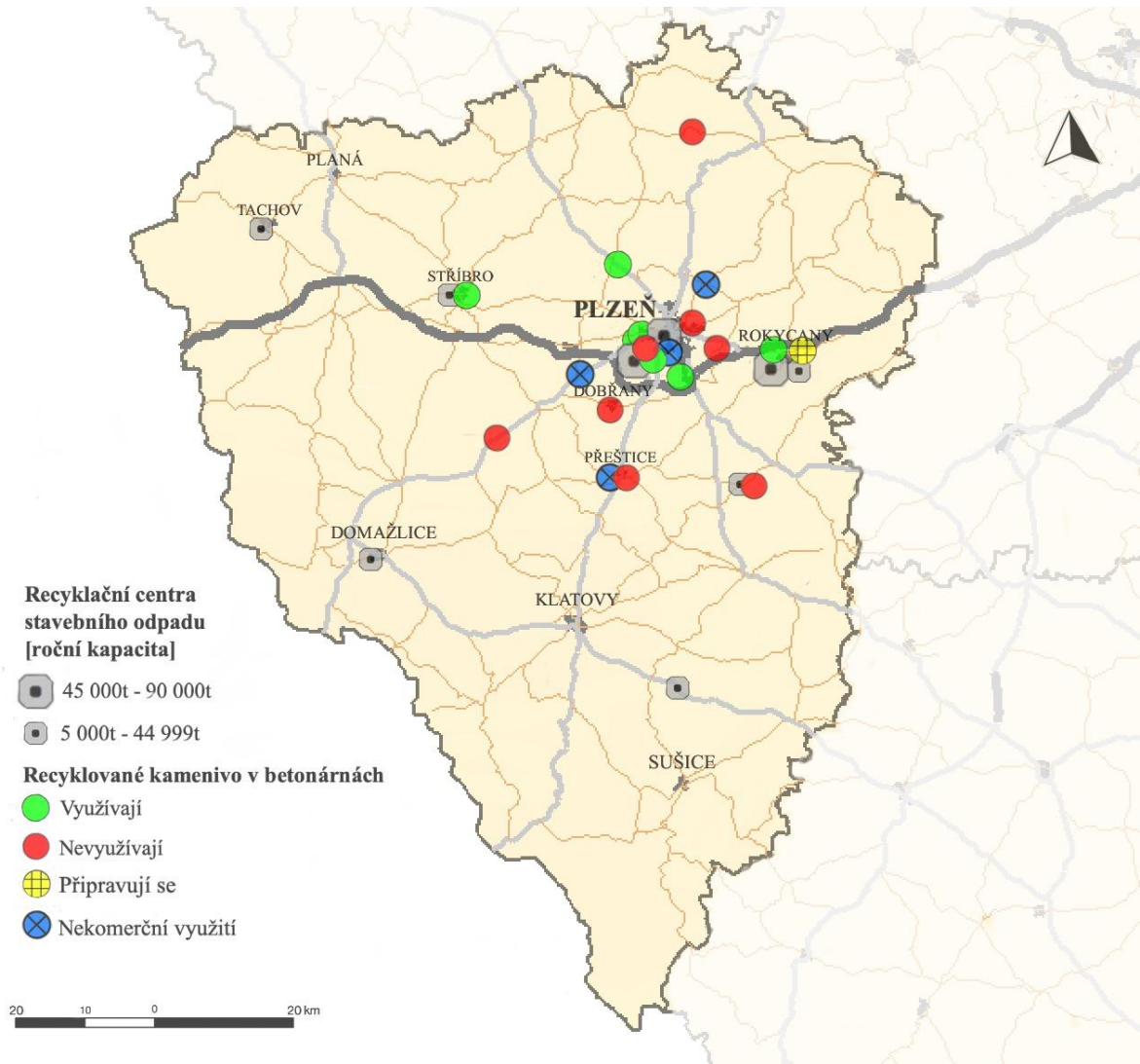
Inovativní společnost ERC-TECH a.s. sídlící v Praze vlastní patent na beton ze 100% stavební suti. V době psaní této práce je takový beton unikátní, jelikož betonárny pracují s recykláty v určitém poměru¹⁹. Recyklátem však nenahrazují veškeré přírodní kamenivo. V České republice navázala společnost ERC-TECH a.s. spolupráci se švédskou firmou SKANSKA. Skandinávské země jsou obecně velmi cirkulární a environmentálně založené, tudíž není překvapením, že si budují v České republice image cirkulární společnosti. V Plzeňském kraji se společnost ERC-TECH a.s. pokouší navázat spolupráci se společnostmi APB Servis a Beton Union.

Ačkoliv v době psaní této práce žádná betonárna na území Plzeňského kraje nevyrábí beton ze 100% recyklovaného kameniva, recyklovaný beton se v kraji vyrábí, byť jen v nespecifikovaném poměru. Tento recyklát musí splňovat určitou jakost a poměr recyklátu se určuje podle účelu betonu. Na obrázku č.15 je kartodiagram, který prostorově znázorňuje nejvýznamnější recyklační centra společně s betonárnami²⁰.

¹⁹ Většinou max 30% jako náhrada přírodního kameniva (Vytlačilová, 2012)

²⁰ Nejedná se o všechny betonárny v kraji, ale o betonárny uvedené na BETONserver (n.d.)

Obr. 15: Nejvýznamnější recyklační centra a využití recyklátů v betonárnách v Plzeňském kraji



Zdroj: vlastní zpracování, BETONserver, n.d.; ISES, 2015

Z dotazovaných společností čtyři společnosti recyklovaný beton prodávají, sedm společností nikoliv, jedna se na používání recyklátů připravuje a jedna společnost využívá recyklovaný beton nekomerčně.

Společnostmi vyrábějící recyklovaný beton jsou ZAPA beton a.s., Beton Union Plzeň s.r.o. (provozuje 4 betonárny), AZS BETON s.r.o. (2 betonárny) a BERGER BETON s.r.o. Tyto společnosti z vlastní zkušenosti uvádí, že velmi záleží na kvalitě původního betonu.

Recyklovaný beton je podle nich vhodný například do základních desek, nikoliv do výškových konstrukcí nebo pilířů mostů.

Společnost AZS 98 s.r.o. poskytuje kompletní servis od demolice objektů, přes třídění, drcení, recyklaci až po samotnou distribuci. Tím je velmi dobrým příkladem v cirkularitě ve stavebnictví. Celkový recyklovaný objem všech 10 center napříč čtyřmi kraji činí ročně kolem 180 000 tun stavebního a demoličního odpadu. Recyklované kamenivo putuje zpět do staveb - základové desky, spodní vrstvy komunikací, provizorní komunikace a plochy, násypy, valy, zásypy inženýrských sítí, transport betony nebo betonové prefabrikáty. V jejich betonárnách se zpracuje okolo 300 tun betonového recyklátu měsíčně. Ohledně poměru přidávaného recyklátu je to různé. Do transport betonu neumožňuje norma přidat více než 30 % recyklátu, naopak do prefabrikátů jsou schopni nahrazovat kamenivo 100% recykláty²¹. Jako úspory vidí společnost AZS 98 s.r.o. jednoznačně v šetření přírodními zdroji, i když je evidentní, že přírodní kamenivo je stále potřeba k výrobě kvalitního betonu. Využití stavebního odpadu nezabírá místo na skládce, nicméně terénní úpravy jsou brány jako plýtvání zdroji. Samotné uložení stavebního odpadu na skládce je zpoplatněno, tudíž jeho zpracování může představovat pro společnosti úspory. Na druhou stranu jeho zpracování vyjde draž, než odpad jednoduše uložit pod zem. Jak již bylo zmíněno, cena recyklátů je obecně nižší než přírodní kamenivo, nicméně mohou vznikat vedlejší náklady za dopravu, technologie, rozbory ekotoxicity nebo likvidaci nežádoucích příměsí (dřevo, plasty, lepenky atd.). Využívání recyklátů tudíž může představovat pouhou marketingovou nebo obchodní strategii, aby se recykláty prodaly.

Samotný přechod na výrobu recyklovaného betonu představuje pro společnosti enormní investice. Změna technologií je velmi nákladná, musí se koupit další zásobníky, formy, celý proces musí projít schvalovacím procesem a splnit potřebné zkoušky k získání certifikace. Takový proces může trvat roky, přinejmenším několik měsíců. Na výrobu recyklovaného betonu se připravuje rokycanská betonárna INSTAV BAU, s.r.o. Jednatel společnosti tvrdí, že po překonání těchto záležitostí je zapotřebí také získat potřebný přísun recyklátů. V době psaní této práce není na území Plzeňského kraje dostatečná distribuční síť recyklátů.

²¹ na této receptuře spolupracovala společnost AZS 98 s.r.o. s ČVUT

Společnost B&BC a.s. provozující v Plzeňském kraji 4 betonárny pracují s recyklovaným betonem prozatím ve formě nekomerčního využití. Ačkoliv v tom vidí budoucnost, existují zde obavy ohledně velkých vstupních investic a zdali to je marketingově vhodné. Případné využití recyklátů může ohrozit důvěru v produkt u zákazníků.

Další překážkou v cestě pro využívání recyklovaného betonu může být, že je společnost dodavatelem pro Ředitelství silnic a dálnic ČR. Tím je společnost pod dozorem a musí se držet schválených materiálů. Ostatní společnosti nevyrábí recyklovaný beton a má na jeho využití a výrobu různorodé názory. Některé společnosti o jeho výrobě nepřemýšlí. Buď to považují za nepotřebné nebo se bojí vysokých vstupních nákladů. Někteří tuší, že je to vzhledem k ubývajícím přírodním zdrojům nemine. Jedna betonárna dokonce považuje recyklovaný beton za nefunkční a nespolehlivý produkt.

5.3 Ověření tvorby geodatabáze

Tato podkapitola se zaměřuje na možnosti tvorby geodatabáze potenciálních druhotných surovin. Tento nástroj může být velmi užitečný pro společnost, jelikož interpretuje s jakými odpady nebo druhotnými surovinami se v procesu demolice nebo transformace území zainteresované subjekty setkají. Může to pomoci při přeměně určitého území, zaměstnancům územního plánování, developerům a obecně správě odpadového hospodářství. Mimo jiné to také slouží jako nástroj ke kvantifikaci environmentálních toků a zásob druhotných surovin ve městech.

Pro tvorbu poměrně přesné geodatabáze jsou potřebná data. Geometrie budovy je jedním ze základních požadavků. Výsledné zásoby ovlivňuje především plocha stavby, výška nebo obvod. Stáří budovy je dalším požadavkem. Typologie, tedy zdali se jedná o obytnou budovu, kancelářské či maloobchodní budovy je dalším sledovaným požadavkem. Na základě typologie a stáří budovy lze při konzultaci s historiky architektury a stavebními odborníky sestavit předpokládané sestavy materiálů stavby. V ideálních podmínkách, za dostupnosti výše zmíněných požadavků, lze použít vzorec od Stephan a Athanassiadis (2017) a vytvořit výpočet pro zásoby materiálů pro určité budovy.

Vytvoření geodatabáze v českých podmínkách je velmi složité a možnost získání dat je velmi omezená. Hlavním zdrojem jsou data ze Sčítání lidu, domů a bytů 2011. Poskytnutá vrstva Českým statistickým úřadem je naplněná daty ze sčítání z roku 2011, protože data z novějšího sčítání (2021) ještě nebyla v době psaní této práce k dispozici. SLDB sice shromažďuje širokou škálu dat, nicméně některé jsou nepřesné. V této práci jsou klíčová data ohledně domů. Bohužel, potřebná data byla neúplná. V poskytnuté vrstvě od ČSÚ jsou k dispozici údaje o zastavěné ploše pouze u jedné budovy, u sedmi objektů nebyl definován nebo zjištěn údaj o použitých materiálech, u sedmi budov nebyl zjištěn počet podlaží a u dalších šesti byl počet podlaží nepřesný. Vzhledem k těmto základním nedostatkům, které byly dodatečně získány vlastním terénním šetřením, je plošné vytvoření geodatabáze na základě dat ze SLDB nemožné. Přesto zde byla pro toto území možnost vytvoření geodatabáze druhotných surovin (nebo SDO) na základě získání dodatečných dat vlastním šetřením a odvozením.

Tab. 7: Možnost sběru dat k vytvoření geodatabáze

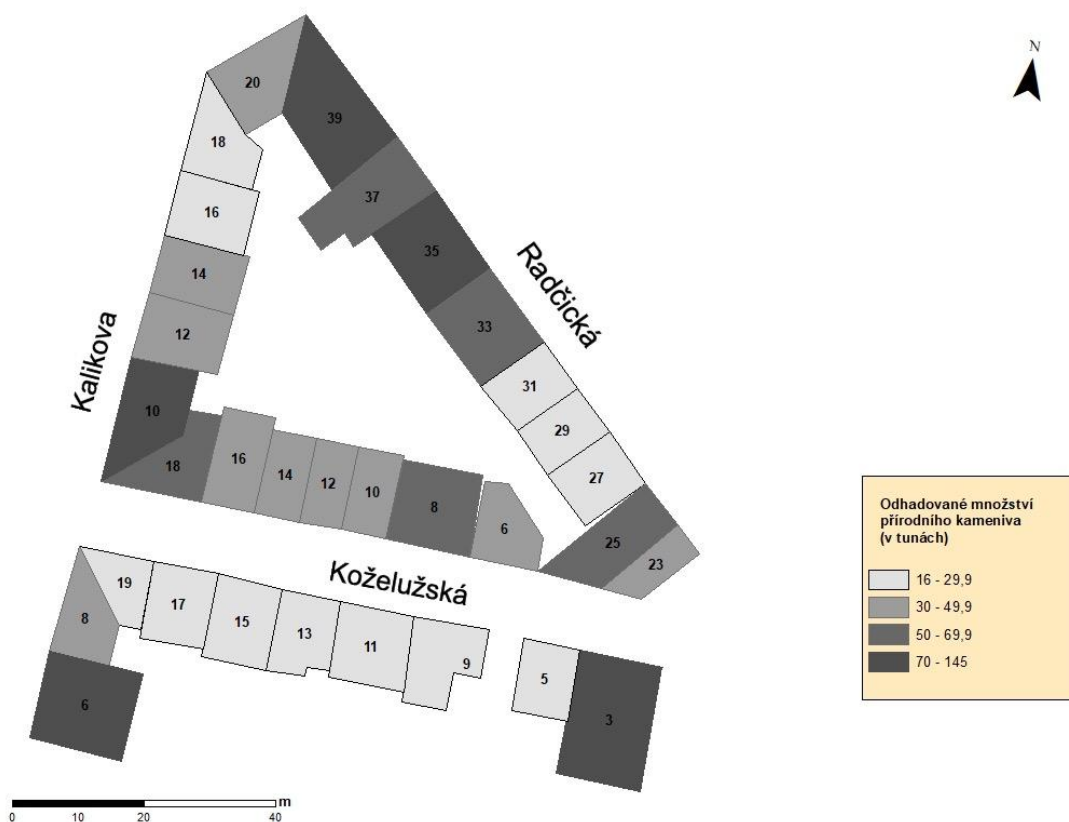
Data	Dostupnost	Zdroj
Plocha budovy	nedostupné, dostupné pouze u nových budov	SLDB 2011 nebo vlastní měření, ARCDATA, ČÚZK
Typ využití budovy	dostupné	ČSÚ (SLDB 2011)
Období výstavby	neúplné	ČSÚ (SLDB 2011)
Materiál nosných zdí	neúplné	ČSÚ (SLDB 2011)
Počet podlaží	nepřesný	ČSÚ (SLDB 2011)
Zateplení budovy	dostupné	ČSÚ (Energ 2021)
Materiál střechy	nedostupné	letecký snímek, vlastní šetření
Okna	nedostupné	vlastní šetření
Dveře	nedostupné	vlastní šetření
Kovové prvky	nedostupné	vlastní šetření
Dřevěné prvky	nedostupné	vlastní šetření

Obr. 16: Letecký snímek vybraného území



Zdroj: ARCDATA, 2023

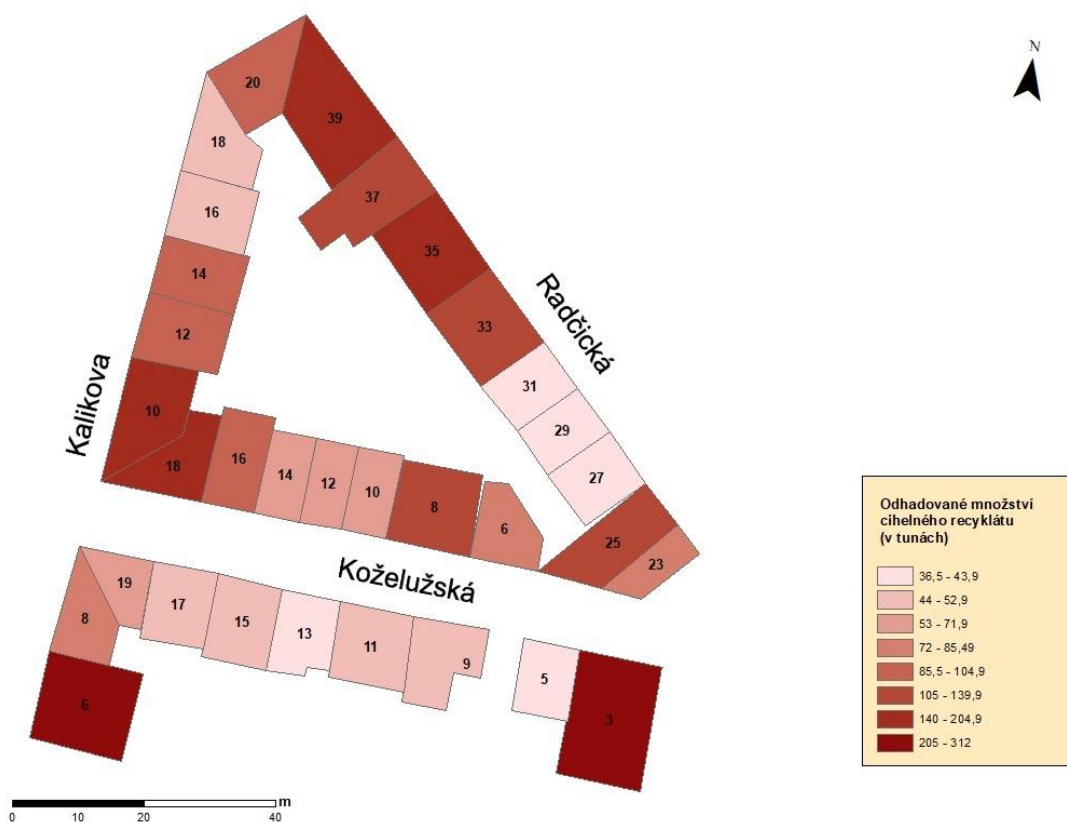
Obr. 17: Mapa potenciálních druhotných surovin - přírodní kamenivo



Zdroj: vlastní šetření a data ze SLDB, 2011

Jak bylo zmíněno v metodice i v této kapitole, tento způsob výpočtu může být zkreslený a nepřesný mnoha faktory. Množství přírodního kameniva se pro každou stavbu může lišit. V některých případech byly z této suroviny postaveny pouze základy domu, v jiném případě (např. Koželužská 16), je z kameniva postavený celý dvoupatrový dům. Terénním šetřením bylo vyzorováno, že některé domy měly spodní patro z přírodního kameniva a přistavěné druhé patro (a další) už bylo z cihel. Celkem tato oblast podle odhadu zásobuje mezi 1234 až 1777 tun přírodního kamene.

Obr. 18: Mapa potenciálních druhotných surovin - cihelný recyklát



Zdroj: vlastní šetření a data ze SLDB, 2011

I přesto, že byly při tvorbě geodatabáze získané údaje z odborné literatury, existuje mnoho proměnných, které mohou reálný stav ovlivnit. Jedním z hlavních hybatelů může být samotná architektura staveb. Například geometrie domu, i při stejném obvodu, ale s jinou délkou stran, může ovlivnit objem materiálu o 20 % (Stephan & Athanassiadis, 2017). V práci není zohledněná výška stropů, velikost oken a jejich rozestupy, poměr materiálů se může také měnit. K získání těchto údajů je zapotřebí vytvoření geodatabáze vlastností budov na základě typologie a věku, která vznikne konzultací s historiky architektury a stavebními odborníky. Na obrázku č. 18 je znázorněné potenciální množství druhotných surovin pro výrobu cihelného recyklátu. Výpočet tohoto množství nejvíce ovlivnila zastavěná plocha budovy a počet pater. U této druhotné suroviny je vhodné zvážit prodej samotných cihel bez potřeby je dále upravovat, jelikož se dají zpeněžit i bez procesu recyklace. Nepoškozené cihly mají stále

svou hodnotu a lze je znovu využít (*reuse*). Na tomto modelovém území se nachází přibližně mezi 2525 až 3948 tun cihel.

Přes polovinu objektů bylo postaveno v období před rokem 1919 a tři objekty byly postaveny mezi lety 1920–1945, u ostatních nebylo stáří zjištěno či definováno²². Během tohoto období se stavělo převážně z přírodního kamene a cihel, čemuž byla přizpůsobena metodika pro výpočet druhotných surovin. Podle statistického metainformačního systému jsou budovy ve sledovaném území postavené z kamene, cihel, tvárnic vč. kombinací. Vzhledem k tomu, že beton se začal v českých podmínkách hojně využívat až později, tato práce nevytváří geodatabázi potenciálních zdrojů betonového recyklátu. Cihelné recykláty i přírodní kamenivo se mohou při výrobě recyklovaného betonu použít jako druhotná surovina. Beton se do těchto objektů mohl dostat až v průběhu rekonstrukcí a jeho odhady by mohli být velmi nepřesné.

Dalším doplňkovým nástrojem k plošnému sledování určitých ukazatelů ohledně budov je výběrové šetření Energo, které bylo naposledy provedeno v roce 2021. Zaměření tohoto šetření je na spotřebu paliv a energií v domácnostech. Může poskytnout vhodnou předlohu pro určité území například pro druh zateplení domu, jelikož s polystyrenem se při demolici a následné likvidaci také musí počítat.

Na obrázku č. 19 je přehled střešních krytin a jak by se s nimi mohlo potenciálně naložit v kontextu cirkulární ekonomiky. Zohledněn je jejich stav a z jakého jsou materiálu. V době psaní této práce není žádná evidence, která by plošně zaznamenávala tyto údaje, tudíž byly využity poznatky z terénního šetření.

²² Lze předpokládat, že se jedná o budovy z období 1919 a dříve, a 1920-1945

Obr. 19: Přehled střešních krytin a jejich potenciální následné využití



Zdroj: ARCDATA, vlastní šetření, 2023

Na tomto kartogramu lze vidět možné způsoby nakládání se střešní krytinou. Je zde možnost uplatnit koncept 3R, jelikož se materiály ze střech na sledovaném území mohou znovu využít (*reuse*), recyklovat (*recycle*) a tím ve výsledku snížit potřebu nových zdrojů (*reduce*)²³. Nové tašky lze znovu využít při dalších projektech a staré se mohou zrecyklovat. Trošku specifické bude nakládání se střešní krytinou onduline, která je vyrobená z asfaltu. Plechové střechy lze také zrecyklovat jako kovový odpad. Nejproblematictější zacházení je s eternitem, jelikož obsahuje azbest, který je zdraví škodlivý a při dlouhodobém zacházení s ním hrozí mimo azbestózy (zjizvení plic) také rakovina plic. Proto patří eternit na skládku nebezpečného odpadu, která se v Plzeňském kraji nachází v obci Břasy. Terénním šetřením lze získat mnoho dalších potřebných informací, které nejsou nikde evidovány a musí se s nimi počítat při procesu demolice. Může jít například o výskyt plastových oken nebo naopak oken

²³ Ačkoliv je *reduce* bráno jako snížení vstupních energií a surovin

se sklem a dřevěnými rámy, dřevěná vrata nebo kovy (kovová vrata, bezpečnostní mříže). Tato práce je důkaz, že v době jejího psaní nelze vždy zjistit na dálku přesně typologii budovy a odpady vzniklé s její likvidací.

6 Diskuze

Tento příspěvek poskytne čtenáři náhled do principů a základních myšlenek cirkulární ekonomiky. Dále se zabývá řešením problematiky odpadového hospodářství na území Plzeňského kraje, přes využití recyklátů z místních stavebních a demoličních odpadů, až po řešení zásob potenciálních druhotných surovin pro vybrané malé území.

V Plzeňském kraji v posledních letech vzniká velké množství SDO a přes stagnující odhadovaný vývoj se musí s tímto odpadem počítat i do budoucna. Vzhledem k tomu, že v PK tvoří přes 66% všech odpadů stavební a demoliční odpady a na evropské úrovni to je podle více zdrojů od 25 do 40%, lze konstatovat, že zde vzniká velmi nadprůměrné množství SDO s porovnáním se zbytkem EU. Ve sledovaném období 2011–2020 generuje PK průměrně přes 400 000 tun SDO ročně, z čehož je podle Vytlačilová (2012) přibližně 22–27 % minerální stavební odpad vhodný k upcyklaci. PK plní stanovené cíle POH PK ohledně využití tohoto odpadu, většinou se ale jedná o pouhé terénní úpravy. Nicméně i tyto úpravy, včetně zásypů, jsou občas zapotřebí. Při využití recyklátů ze SDO pro tyto terénní úpravy se jedná o plýtvání. V případě, kdy by se nevědělo jak smysluplně nakládat se stavebními odpady, disponuje PK kapacitou téměř 12 milionů m³ pro uložení tohoto odpadu. Jedná se o zasypání starých lomů, tudíž je zde varianta, že po ukončení těžby se krajina může v dlouhodobém časovém horizontu vrátit do podobného stavu. POH PK 2016–2026 a jeho každoroční vyhodnocení má na starost soukromá firma a při zpracovávání těchto dokumentů si autor práce všiml několika nepřesností.

Hlavním tématem této práce bylo využití recyklátů ze SDO bez ztráty jejich hodnoty. Je nutné rozdělit recyklaci na termíny upcyklace a downcyklace. V kontextu cirkulární ekonomiky je více chtěná upcyklace, tedy navrácení recyklátů zpět k původnímu účelu. K tomu je zapotřebí SDO hodnoty I. jako původní materiál. Při downcyklaci se recykláty ze SDO využijí k jiným účelům (zásypy, rekultivace, atd.) a ztrácí se tím veškerá energie spotřebovaná během jejich životního cyklu. Při upcyklaci se prodlužuje jejich životní cyklus a je zde pravděpodobnost, že lze tento cyklus točit neustále.

Z dotazovaného vzorku, který činil přes 50% veškerých betonáren v kraji, 4 společnosti (provozujících v kraji celkem 8 betonáren) využívají recykláty při výrobě betonu.

Další čtyři betonárny pracují s recykláty prozatímně nekomerčně a jedna se na výrobu recyklovaného betonu připravuje. Zbýlých sedm s recykláty nepracuje. Majitelé k tomu mají své důvody, ať už na základě vlastního přesvědčení, ekonomických a legislativních překážek, či kontrole od odběratelů. I přes velké množství stavebního odpadu stále nedochází k využití jeho potenciálu. Na území ČR figuruje společnost s patentem na beton ze 100% recyklátů. Takový beton je unikátní v celosvětovém měřítku a snaží se uplatnit i na území PK. Na druhou stranu, majitelé některých betonáren takovýto beton přinejmenším dementují nebo se jim nelíbí podmínky stanovené společností. Výroba recyklovaného betonu může být přinejmenším PR strategie společnosti, i když na druhé straně existují obavy v důvěru takového produktu. Jednatelka jedné společnosti zabývající se od demolice, přes výrobu recyklátů až po samotnou distribuci betonu uvedla, že i oni jsou schopni vytvářet produkty ze 100% recyklátů v podobě prefabrikovaných betonových bloků. V ostatních případech se musí řídit normami nebo se rozhodovat na základě účelu požadovaného betonu. Tato společnost zužitkuje přibližně 300 tun betonového recyklátu měsíčně, což je jen velmi malý zlomek toho, kolik se potenciálních druhotných surovin vygeneruje. Nicméně u těchto potenciálně druhotných surovin není zhodnocena jejich kvalita.

Další překážkou ve využívání recyklátů ze SDO je nedostatečná distribuční síť. Některé betonárny se připravují investicemi na výrobu recyklovaného betonu, nicméně mají sjednaný nedostatečný přísun recyklátů. Tato problematika zahrnuje subjekty napříč odpadovým hospodářstvím a sektorem stavebnictví a pro zajištění efektivnějšího využívání SDO je zapotřebí vzájemná spolupráce.

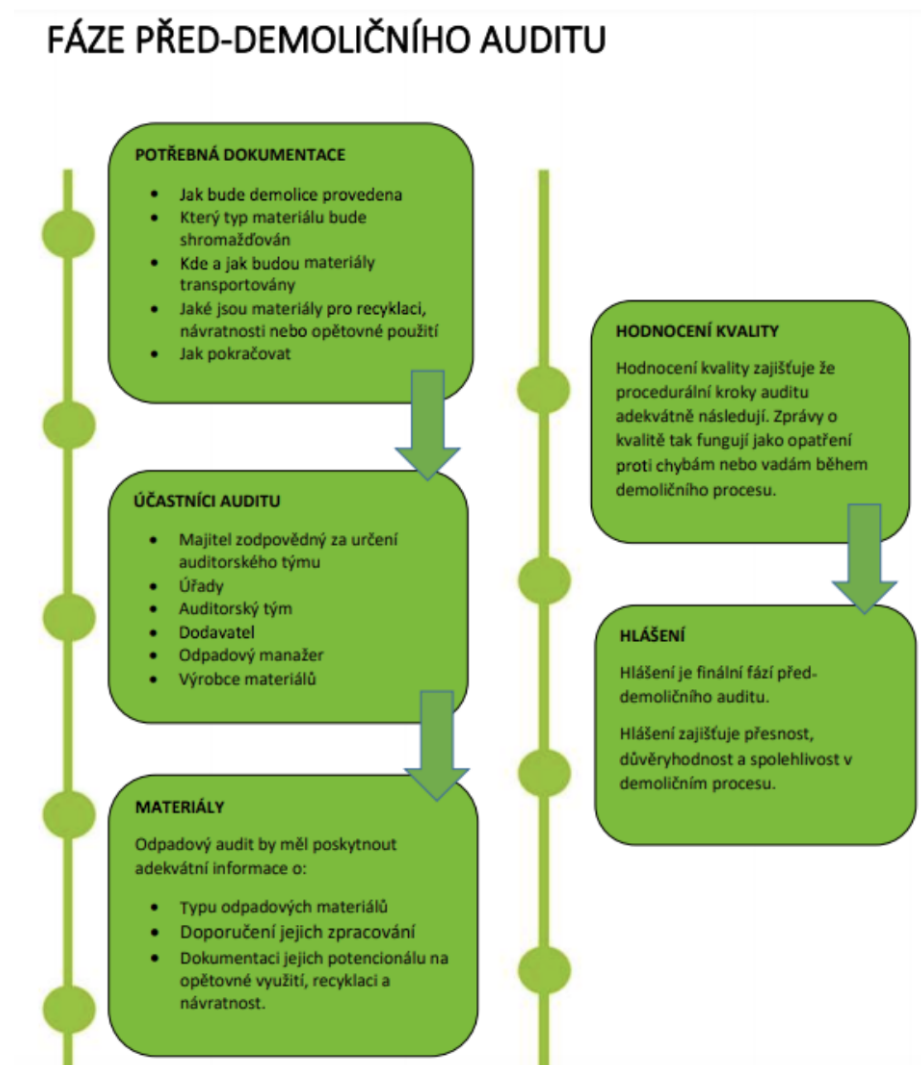
Tato práce se nechala inspirovat ze zahraničí a ověřila možnost vytvoření geodatabáze v našem prostředí. Vytvoření geodatabáze se povedlo, ale bylo zapotřebí několik poznatků z vlastního šetření. V současnosti je plošné vytvoření geodatabáze v českých podmínkách nemožné. Údaje o typu budovy, využitých materiálech nebo rozloze v určitých případech chyběly. Počet pater byl v několika případech nepřesný. Na základě tohoto zjištění je nemožné vypracovat odhad druhotných surovin pro města v České republice. Tyto informace lze pravděpodobně jednodušeji získat u nově postavených budov. Díky tomu, lze vytvořit odhady materiální náročnosti stavebních projektů nebo environmentální dopad přestavby měst.

Na základě dostupných údajů a dat získaných vlastním šetřením se podařilo sestavit výsledný model pro menší území v Plzni v ulicích Kalikova - Koželužská - Radčická. V těchto ulicích jsou staré domy z prvorepublikového období (1920–1945) a z dob Rakouska-Uherska (1919 a dříve). V těchto obdobích se stavěly domy z cihel a přírodního kamene, což bylo potvrzeno i daty ze SLDB 2011. Na základě této charakteristiky byla vypočtena odhadovaná hmotnost stavebních materiálů pro modelový dům, který byl poté přepočten na ostatní objekty. Tyto stavební materiály mohou sloužit v budoucnu jako druhotné suroviny. Odborná literatura upozorňuje, že i přes sebelepší vypracovaný model se však musí počítat s odchylkami, jelikož každá stavba je unikátní a není možné sehnat všechny data úplně přesně. Odhadované množství kameniva v této oblasti je 1234 až 1777 tun a druhotné suroviny pro výrobu cihelného recyklátu je přibližně 2525 až 3948 tun.

Na základě nedostupnosti určitých dat bylo podniknuto terénní šetření dané lokality. Tím bylo zjištěno několik dodatečných a v praxi velmi užitečných informací. Mimo sběru a aktualizaci potřebných dat k vytvoření geodatabáze pro sledované území má tato metoda potenciál ke sběru informací o potenciálních odpadech nebo dalších druhotných surovinách. Terénním šetřením lze získat informace o materiálech střešních krytin, v jakém jsou stavu, zdali by se daly znovu využít, zrecyklovat nebo odvézt na skládku nebezpečného odpadu. Dalším početným materiálem v bytovém fondu jsou okna, zdali jsou plastová, či skleněná s dřevěným rámem. Demolice vytváří velké množství takového odpadu a je lepší být připraven. Dodatečně lze získat informace o dalších dřevěných nebo kovových prvcích. Tato terénní metoda má svůj potenciál v případě plánované demolice určité oblasti. Před demolicí je proto lepší naplánovat terénní průzkum oblasti. Při procesu demolice vzniká velké množství odpadu, ale ne vždy jde o odpad, který ztrácí kvalitu materiálu či výrobku (kovové prvky, střešní krytina, atd.). Jedním z důvodů může být předešlá oprava či výměna. Aby nedošlo ke zbytečnému plýtvání a svozu veškerého odpadu do sběrného dvora bez dalšího využití, je vhodné tomu předejít vytvořením před-demoličního auditu podle schématu projektu CONDEREFF. Tento projekt, spolufinancovaný Evropským fondem pro regionální rozvoj, slouží pro efektivní nakládání se stavebním a demoličním odpadem pro zlepšení efektivity zdrojů. Sdružuje 8 partnerů ze 7 zemí, jejichž cílem je podpořit cirkularitu v oblasti nakládání

se stavebními a demoličními odpady. Grafické znázornění jednotlivých fází je na obrázku č. 20.

Obr. 20: Fáze před-demoličního auditu



Zdroj: Institut Cirkulární Ekonomiky, 2021

Geodatabáze lze nejjednodušeji vytvořit při stavbě nových budov a tím lze pozorovat environmentální dopady stavby. Každá budova má určité materiálové požadavky a ty se promítnou někde jinde v životním prostředí. Touto metodou lze vytvářet geodatabáze požadavků pro budoucí bytové fondy nebo administrativní a komerční budovy. Sledováno je nejen využití materiálů, ale i spotřeba energie, vyprodukované emise nebo spotřeba vody. Díky geodatabázím lze mít plošný přehled o zásobách i zlepšit správu daného území.

Závěr

Cirkulární ekonomika je velmi propojený koncept napříč všemi odvětvími i společenskými vrstvami. Společnost si začíná uvědomovat, že drancování a vykořisťování přírody nejde donekonečna a snaží se přicházet na způsoby jak degradaci životního prostředí zastavit nebo zpomalit. Jedním z kroků je přesun z lineárního modelu na cirkulární a tím udržet maximální množství vytěžených surovin v oběhu a prodloužovat jejich životní cyklus. Stavebnictví je odvětví velmi náročné na přírodní zdroje a vzhledem k rostoucí populaci se poptávka po těchto zdrojích bude v budoucnu neustále zvyšovat. Sektor stavebnictví generuje stavební a demoliční odpady, jak při samotné stavbě, tak při demoličních pracích. Tyto odpady představují hlavní část všech odpadů vůbec, ať už na úrovni ČR, tak na úrovni Plzeňského kraje. V porovnání s průměrem EU jsme nadprůměrní producenti SDO. Cílem cirkulární ekonomiky je využít tyto odpady jako druhotné suroviny a tím předejít skládkování a dalšímu ničení životního prostředí.

Tyto odpady lze smysluplně využít a ne s nimi jen srovnat zem. Dnešní doba, moderní technologie a věda a výzkum nám umožňují přicházet na nové způsoby, jak s těmito odpady nakládat. S inovacemi a investicemi do potřebných zařízení lze tyto odpady přeměnit na recykláty a tím šetřit přírodu, zdroje a za jistých okolností i peníze. Tímto lze docílit k environmentálně šetrnějšímu a udržitelnějšímu stavebnictví. K tomu je zapotřebí vzájemná spolupráce napříč sektory.

Díky dnešní výpočetní technice a digitalizaci území je k dispozici široká škála dat ohledně území, v kterém žijeme. Tyto data lze využít k interpretaci různé problematiky a můžeme s nimi prezentovat vlastnosti daného území. Tato práce zkusila ověřit možnost vytvoření geodatabáze zásob druhotných surovin pro vybrané malé území v Plzni. I přes některé překážky v podobě nedostatku či nepřesnosti některých dat se podařilo vytvořit pravděpodobný odhad objemu druhotných surovin, s kterými lze po demolici počítat a které lze znovu poslat do oběhu. Takový model může být velmi užitečný pro mapování zásob ve městech. Geodatabáze mohou navíc poskytovat i jiné informace, které pomohou s budoucí údržbou a správou území. Mimo to lze také kvantifikovat environmentální toky a lze tak mít představu, jakou má přestavba či nové budování měst negativní zátěž na životní prostředí.

Seznam použitých zdrojů

Arcadis (2012). *Vyhodnocení plnění cílů plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje v roce 2011*. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/uroven-plneni-planu-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje>

Athanassiadis, A., & Stephan, A. (2016). Quantifying and Mapping embodied environmental requirements of urban building stocks. *Building and Environment*, 114, (s. 187–202).

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.043>

BETONserver (n.d.). *Beton - betonárny v ČR*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.betonserver.cz/>

Boříková, H. (2020). *Jáchyme, rozdrť to! Recyklace je budoucností stavebnictví*. Dostupné z

<https://www.euro.cz/clanky/jachyme-rozdrť-to-recyklace-je-budoucnosti-stavebnictvi/>

Chen, H.L., Dugan, Y.L., Lyu, C.L., Tsay, Y.H. (2021). Circular Economy in Taiwan-Transition Roadmap and the Food, Textile, and Construction Industries. In L. Liu & S. Ramakrishna, *An Introduction to Circular Economy* (s. 577–596) Singapore: Springer.

Circular Economy Practitioner Guide (2018). *Standardization*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.ceguide.org/Strategies-and-examples/Design/Standardization>

Cui, M. (2021). Key Concepts and Terminology. In L. Liu & S. Ramakrishna, *An Introduction to Circular Economy* (s. 17–34). Singapore: Springer.

Český statistický úřad (2021). *Plzeňský kraj*. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://www.czso.cz/csu/xp/plzensky-kraj>

Český statistický úřad (2021). *SLDB 2011*. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://www.czso.cz/csu/sldb>

Český statistický úřad (2021). *SLDB 2021*. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://www.czso.cz/csu/scitani2021/domov>

Čistá Plzeň (n.d.). *Stavební odpad*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.cistaplzen.cz/o-odpadu-v-plzni/typy-odpadu/stavebni-odpad/>

Ekolist (2019). Český vynález přináší revoluci do stavebnictví. Skanska začala používat recyklovaný beton. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cesky-vynalez-prinasi-revoluci-do-stavebnictvi.skanska-zacala-pouzivat-recyklovaný-beton>

EnviWeb (2002). *Zadlužené společnosti Transform Stod hrozí konkurs*. Dostupné 23. 4. 2023 z

<https://www.enviweb.cz/39579>

European Commission (2017). *Public Procurement for a Circular Economy - Good practice and guidance*. Dostupné 24. 4. 2023 z

https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/CP_European_Commission_Brochure_webversion_small.pdf

Gheewala, S.H., & Silalertruksa, T. (2021). Life Cycle Thinking in a Circular Economy. In L. Liu & S. Ramakrishna, *An Introduction to Circular Economy* (s. 35–54) Singapore: Springer.

Inisoft s.r.o. (2013). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2012*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/uroven-plneni-planu-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje>

Inisoft s.r.o. (2014). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2013*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/uroven-plneni-planu-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje>

Institut Cirkulární Ekonomiky (2021). *Cirkulární tipy pro úsporu materiálů a zdrojů po tornádu na jižní Moravě*. Dostupné 21. 4. 2023 z

<https://zajimej.se/cirkularni-tipy-pro-usporu-materialu-a-zdroju-po-tornadu-na-jizni-morave/>

ISES (2015). *Plán odpadového hospodářství Plzeňského kraje 2016–2026*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2015). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2014*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2016). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2015*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2017). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje za rok 2016*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://zp.kraj-jihocesky.cz/plan-odpadoveho-hospodarstvi-jihoceskeho-kraje.html>

ISES (2017). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2016*. Dostupné 24. 4. 2023 z

http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/oblast-zivotni-prostredi/Plan_odpady.aspx

ISES (2017). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Královéhradeckého kraje za rok 2016*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.kr-kralovehradecky.cz/scripts/detail.php?pgid=191&conn=986&pg=1>

ISES (2017). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2016*. Dostupné 24. 4. 2023 z

<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2018). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje za rok 2017*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://zp.kraj-jihocesky.cz/plan-odpadoveho-hospodarstvi-jihoceskeho-kraje.html>

ISES (2018). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2017*. Dostupné 24. 4. 2023 z http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/oblast-zivotni-prostredi/Plan_odpady.aspx

ISES (2018). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Královéhradeckého kraje za rok 2017*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.kr-kralovehradecky.cz/scripts/detail.php?pgid=191&conn=986&pg=1>

ISES (2018). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2017*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2019). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje za rok 2018*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://zp.kraj-jihocesky.cz/plan-odpadoveho-hospodarstvi-jihoceskeho-kraje.html>

ISES (2019). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2018*. Dostupné 24. 4. 2023 z http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/oblast-zivotni-prostredi/Plan_odpady.aspx

ISES (2019). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Královéhradeckého kraje za rok 2018*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.kr-kralovehradecky.cz/scripts/detail.php?pgid=191&conn=986&pg=1>

ISES (2019). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2018*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

ISES (2020). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje za rok 2019*. Dostupné 24. 4. 2023 z https://zp.kraj-jihocesky.cz/_files/f615/files/koncepce/plan_odpadoveho_hospodarstvi/vyhodnoceni_poh_jk_za_rok_2019.pdf

ISES (2020). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2019*. Dostupné 24. 4. 2023 z http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/oblast-zivotni-prostredi/Plan_odpady.aspx

ISES (2020). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Královéhradeckého kraje za rok 2019*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.kr-kralovehradecky.cz/scripts/detail.php?pgid=191&conn=986&pg=1>

ISES (2020). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2019*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/uroven-plneni-planu-odpadoveho-hospodarstvi-plzenske-ho-kraje>

ISES (2021). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Jihočeského kraje za rok 2020*. Dostupné 24. 4. 2023 z https://zp.kraj-jihocesky.cz/_files/f615/files/koncepce/plan_odpadoveho_hospodarstvi/vyhodnoceni_poh_jkza_rok_2020_final.pdf

ISES (2021). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2020*. Dostupné 24. 4. 2023 z http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/oblast-zivotni-prostredi/Plan_odpady.aspx

ISES (2021). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Královéhradeckého kraje za rok 2020*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.kr-kralovehradecky.cz/scripts/detail.php?pgid=191&conn=986&pg=1>

ISES (2021). *Vyhodnocení plnění plánu odpadového hospodářství Plzeňského kraje za rok 2020*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/uroven-plneni-planu-odpadoveho-hospodarstvi-plzenske-ho-kraje>

Lacy, P., Long, J., Spinder, W. (2020). *The Circular Economy Handbook, realizing the circular Advantage*. London, UK: Palgrave Macmillan.

Lyons, A. (2014). *Materials for Architects and Builders*. (5th ed.). London, UK: Routledge

Ministerstvo obchodu a průmyslu ČR (2019). *Česká republika se přibližuje k cirkulární ekonomice, vláda ČR schválila Politiku druhotných surovin České republiky pro období 2019 – 2022*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/ceska-republika-se-priblizuje-k-cirkularni-ekonomice--vlada-cr-schvalila-politiku-druhotnych-surovin-ceske-republiky-pro-obdobi-2019--2022--248121/>

Ministerstvo obchodu a průmyslu ČR (2019). *Těžba nerostných surovin v České republice v letech 2014–2018 a nástin budoucích těžeb HU a ČU*. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.mpo.cz/cz/stavebnictvi-a-suroviny/surovinova-politika/statni-surovinova-politika-nerostne-suroviny-v-cr/tezba-nerostnych-surovin-v-ceske-republice-a-zamestnanost-v-tezebnim-sektoru--248701/>

Ministerstvo životního prostředí (n.d.). *Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 s výhledem do roku 2035*. Dostupné 23. 4. 2023 z https://www.mzp.cz/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty

Ministerstvo životního prostředí (n.d.). *Stavební a demoliční odpady*. Dostupné 24. 4. 2023 z https://www.mzp.cz/cz/stavebni_demolicni_odpady

Nuñez-Cacho, P., Górecki, J., Molina-Moreno, V., Corpas-Iglesias, FA. (2018). What gets measured, gets done: Development of a circular economy measurement scale for building industry. *Sustainability*, 10(7), 2340. <https://doi.org/10.3390/su10072340>

Plzeňský kraj (2016). Plán odpadového hospodářství Plzeňského kraje 2016–2026. Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/plan-odpadoveho-hospodarstvi-plzenskeho-kraje-2016-2026-0>

Recykláč (n.d.). Dostupné 24. 4. 2023 z <https://www.recyklac.cz/>

Vytlačilová, V. (2012). *Recyklace ve stavební výrobě*. Praha, Česká republika: České vysoké učení technické.

Weetman, C. (2021). *A circular economy handbook: How to build a more resilient, competitive and sustainable business*. London, UK: Kogan Page publishers.

Seznam tabulek

Tab. 1: Struktura stavebního a demoličního odpadu.....	44
Tab. 2: Vybraná stacionární zařízení na nakládání se SDO v Plzeňském kraji.....	48
Tab. 3: Nejvýznamnější zařízení na třídění SDO v Plzeňském kraji.....	51
Tab. 4: Nejvýznamnější drtící linky stavebních odpadů na území Plzeňského kraje.....	52
Tab. 5: Nejvýznamnější recyklační linky na území Plzeňského kraje.....	52
Tab. 6: Stavební a demoliční odpady (v tunách) v Plzeňském kraji ve sledovaném období 2011–2020 (bez zeminy a kamení).....	56
Tab. 7: Možnost sběru dat k vytvoření geodatabáze.....	62

Seznam obrázků

Obr. 1: Geografická mapa Plzeňského kraje.....	12
Obr. 2: Globální spotřeba zdrojů.....	18
Obr. 3: Objem těžby stavebního kamene v ČR mezi lety 2008–2018.....	19
Obr. 4: Objem těžby štěrkopísků v ČR mezi lety 2008–2018.....	19
Obr. 5: Obecný lineární ekonomický model.....	20
Obr. 6: Čistší výroba v průmyslu.....	23
Obr. 7: Cirkularita a životní cyklus produktů.....	23
Obr. 8: Rámec posouzení životního cyklu.....	29
Obr. 9: Obecná struktura posouzení dopadů životního cyklu.....	32
Obr. 10: Celková produkce odpadů v PK dle skupin odpadů v roce 2013.....	43
Obr. 11: Mapa sběrných dvorů na území Plzeňského kraje.....	50
Obr. 12: Schéma recyklace bez ztráty hodnoty původních materiálů (upcyklace).....	53
Obr. 13: Mapa oblastí rekultivací a terénních úprav na území Plzeňského kraje.....	54
Obr. 14: Vývoj objemu stavebního a demoličního odpadu (bez zeminy a kamení) v Plzeňském, Karlovarském, Jihočeském a Královéhradeckém kraji mezi lety 2016–2020 (v tunách).....	57
Obr. 15: Nejvýznamnější recyklační centra a využití recyklátů v betonárnách v Plzeňském kraji	59
Obr. 16: Letecký snímek vybraného území.....	63
Obr. 17: Mapa potenciálních druhotných surovin - přírodní kamenivo.....	64
Obr. 18: Mapa potenciálních druhotných surovin - cihelný recyklát.....	65
Obr. 19: Přehled střešních krytin a jejich potenciální následné využití.....	67
Obr. 20: Fáze před-demoličního auditu.....	72

Seznam příloh

Příloha A: Atributová tabulka geodatabáze

OBJECTID	ULICE	Č_p	SHAPE_Length	SHAPE_Area	TVYBU	ZPVYBU	KSD_CZ_CC	JDRUHDO	JOBVYS	JMATERZ	JPODLA	CR_MIN	CR_MAX	CR_AVRG	PK_MIN	PK_MAX	PK_AVRG	STRECHA
4	Radčická	39	65,689753	229,951831	3	3	112211	4	10	10	2	141,1904242	220,7537578	180,972091	68,9855493	99,33919099	84,16237015	1
5	Radčická	37	58,124916	171,005706	3	7	111011	3	10	10	2	104,9975035	164,1654778	134,5814906	51,3017118	73,87446499	62,5880884	6
6	Radčická	35	52,854552	172,697024	3	7	111011	1	10	10	3	159,0539591	248,6837146	203,8688368	77,7136608	111,9076716	94,81066618	1
7	Radčická	33	51,291471	163,305847	3	7	111011	3	10	10	2	100,2697901	156,7736131	128,5217016	48,9917541	70,5481259	59,76994	4
8	Radčická	31	40,398645	99,857928	3	7	111011	3	10	10	1	30,6563839	47,93180544	39,29409467	14,9786892	21,56931245	18,27400082	1
9	Radčická	29	39,104659	92,863882	3	7	111011	3	3	10	1	28,50921177	44,57466336	36,54193757	13,9295823	20,05895851	16,99409041	5
10	Radčická	27	42,056989	109,712051	3	7	111011	3	10	10	1	33,68159966	52,66178448	43,17169207	16,45680765	23,69780302	20,07730533	1
11	Radčická	25	54,419035	147,50374	3	3	1	20	88	88	2	90,56707164	141,603239	116,081553	44,2510122	63,72145757	53,98624488	4
12	Koželužská	6	40,652953	101,455904	3	7	112213	3	10	10	2	62,23932506	97,39765784	79,84579645	30,4367712	43,83895053	37,13286086	5
13	Koželužská	8	50,247095	157,639228	3	7	111011	4	3	10	2	96,79048599	151,3336589	124,0620724	47,2917684	68,1001465	57,69595745	1
15	Koželužská	14	40,122886	91,078622	3	7	111011	1	10	10	2	55,92227391	87,43547712	71,67887551	27,3235866	39,345647	33,33477565	1
16	Koželužská	10	39,564873	89,180442	3	7	111011	3	10	10	2	54,75679139	85,61322432	70,18500785	26,7541326	38,52959094	32,64004177	4
17	Koželužská	12	38,782238	83,451028	3	3	1	3	10	10	2	51,2389119	80,11298688	65,67595904	25,0353084	36,0508441	30,54307625	1
18	Koželužská	16	46,220966	122,198909	3	7	112211	3	10	10	2	74,99384273	117,2542166	96,12402968	36,6419427	52,76439749	44,70317009	1
19	Koželužská	18	52,652388	119,225152	3	3	112211	4	10	10	3	109,806365	171,6842189	140,7452919	53,6513184	77,2578985	65,45460845	5
27	Koželužská	3	64,63151	249,18114	3	3	122019	1	99	99	2,5	191,246525	299,017368	245,1319465	93,4429275	134,5578156	114,0003716	4
28	Koželužská	5	39,384968	95,548189	3	7	1	3	10	10	1	29,33329402	45,86313072	37,59821237	14,33222835	20,63840882	17,48531859	1
29	Koželužská	9	48,887375	125,264166	3	3	111011	20	88	88	1	38,45609896	60,12679968	49,25144932	18,7896249	27,05705986	22,9234238	1
30	Koželužská	11	46,40528	134,424635	3	7	1	3	88	88	1	41,26836395	64,5238248	52,89609387	20,1630925	29,03572116	24,59970821	4
31	Koželužská	13	43,279559	110,927041	3	3	111011	20	88	88	1	34,05460159	53,24497968	43,64979063	16,63905615	23,96024086	20,2396485	5
32	Koželužská	15	45,719194	128,540443	3	7	1	3	10	10	1	39,461916	61,69941264	50,58066432	19,28106645	27,76473569	23,52901017	1
33	Koželužská	17	43,489828	117,342488	3	7	111011	3	10	10	1	38,02441382	56,32439424	46,17426903	17,6013732	25,34597741	21,4736753	3
35	Koželužská	19	39,124429	79,905639	3	7	111011	3	10	10	2	48,81646235	76,32541344	62,57093789	23,8516917	34,34643605	29,09906387	4
3	Kaližova	20	50,518186	133,253645	3	3	111011	4	10	10	2	81,81773803	127,9234992	104,8706186	39,9760935	57,56557464	48,77083407	1
20	Kaližova	10	54,534811	154,532083	3	3	112211	4	10	10	3	142,3240484	222,5261995	182,425124	69,53943735	100,1367898	84,83811357	5
21	Kaližova	12	46,276964	130,437844	3	7	112211	3	99	10	2	80,08883622	125,2203302	102,6545832	39,1313532	56,34918861	47,7402509	4
22	Kaližova	14	45,090013	122,640911	3	3	111011	20	88	88	2	75,30151935	117,7352746	96,51839696	36,7922733	52,98087355	44,88657343	6
23	Kaližova	16	44,895458	124,437148	3	7	1	3	3	10	1	38,20220444	59,72983104	48,96601774	18,6655722	26,87842397	22,77199808	5
25	Kaližova	18	48,074304	118,504289	3	3	111011	20	88	88	1	36,38081672	56,80205872	46,63143772	17,7564335	25,59692642	21,68528489	5
36	Kaližova	8	46,052382	107,359016	3	7	1	3	10	10	2	65,91843382	103,0646554	84,49154559	32,2077048	46,37909491	39,2333986	4
37	Kaližova	6	56,296808	197,743039	3	6	111011	4	10	10	4	242,8284519	379,6666349	311,2475434	118,6458234	170,8499857	144,7479045	4
38	Radčická	23	38,057754	69,432787	3	3	112215	20	88	88	3	63,94759683	99,98321328	81,96540505	31,24475415	44,99244598	38,11860006	4

Zdroj: vlastní šetření, SLDB, 2011, Lyons, 2014

Atributové schéma

Atribut	Význam	Dostupnost / přesnost dat
TVYBU	typ využití budovy	dostupné
ZPVYBU	způsob využití budovy dle ISKN	dostupné
KSD_CZ_CC	klasifikace stavebních děl CZ-CC	kód 112211 nevyhledatelný, jinak dostupné
JDRUHDO	kód druhu domu dle SLDB	atribut nelze dohledat
JOBVYS	kód období výstavby nebo rekonstrukce domu dle SLDB	neúplné údaje (nedefinováno, nezjištěno)
JMATERZ	kód materiálu nosných zdí budovy	neúplné údaje (nedefinováno, nezjištěno)
JPODLA	kód počtu nadzemních podlaží domu dle SLDB	nepřesné údaje
STRECHA	materiál a stav střechy	vlastní šetření

Zdroj: vlastní sběr dat, Český statistický úřad, 2023

TVYBU	typ využití budovy
3	Budova pro bydlení

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

ZPVYBU	způsob využití budovy dle ISKN
3	Budova pro bydlení
6	Stavba pro bydlení, ve které převažuje funkce bydlení
7	Stavba pro bydlení, která svým stavebním uspořádáním odpovídá požadavkům na rodinné bydlení

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

KSD_CZ_CC	klasifikace stavebních děl CZ-CC
1	Budovy
111011	Budovy jednobytové
112111	Budovy dvoubytové
112211	Nedostupné
112213	Budovy tříbytové - typové
112215	Budovy čtyř a vícebytové - typové

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

JOBVYS	kód období výstavby nebo rekonstrukce domu dle SLDB
3	1920–1945
10	1919 a dříve
88	Nedefinováno
99	Nezjištěno

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

JMATERZ	kód materiálu nosných zdí budovy
10	Kámen, cihly, tvárnice vč. kombinací
88	Nedefinováno
99	Nezjištěno

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

JPPODLA	kód počtu nadzemních podlaží domu dle SLDB
1	1 patro
2	2 patra
2,5	2 patra + přístavba půlka plochy
3	3 patra
4	4 patra

Zdroj: Český statistický úřad, 2023

STRECHA	materiál (u tašek i stav) střechy
1	nové tašky
3	onduline
4	plech
5	staré tašky
6	eternit

Zdroj: vlastní šetření, 2023

Příloha B: Vybrané sledované ukazatele pro Plzeňský kraj

Období výstavby nebo rekonstrukce domů											
Území	Obydlené domy celkem	1919 a dříve	1920 - 1945	1946 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000	2001 - 2010	2011 - 2015	2016 a později	nezjištěno
Plzeňský kraj	115 802	12 117	18 005	15 989	14 700	11 689	10 062	14 852	5 204	6 660	6 524
Plzeň - město	23 577	2 169	4 527	3 065	2 661	1 777	2 053	3 721	1 159	1 590	855
Materiál nosných zdí domů											
Území	Obydlené domy celkem	kámen, cihly, tvárnice	stěnové panely	dřevo	nepálené cihly	ostatní materiály a kombinace	nezjištěno				
Plzeňský kraj	115 802	95 002	5 251	1 873	999	3 766	8911				
Plzeň-město	23 577	19 310	1 788	308	114	690	1367				

Zdroj: SLDB, 2021

Příloha C: Produkce SDO (bez složky zemina a kamení) ve vybraných krajích ČR

Kraj	2016	2017	2018	2019	2020
Plzeňský	730500	936200	428500	347300	307100
Jihočeský	339900	258800	245400	270500	218800
Karlovarský	154300	237100	181900	179900	124200
Královéhradecký	311910	273810	298970	321780	340570

Zdroj: každoroční vyhodnocení POH jednotlivých krajů, ISES, 2022

Abstrakt

Bureš, J. (2023). *Potenciál využití recyklovaných materiálů ve stavebnictví v Plzeňském kraji* (Diplomová práce), Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česko.

Klíčová slova: cirkulární ekonomika, stavebnictví, druhotné suroviny, geodatabáze

Tato diplomová práce poskytuje náhled do principů cirkulární ekonomiky a proč je přechod na tento model důležitý. Autor práce pracoval se zahraničními i českými zdroji, ze kterých vypracoval rešerši literatury. K dosažení cílů využil dokumenty na krajské úrovni, použil informace získané na základě telefonických rozhovorů s aktéry v odvětví stavebnictví a pokusil se o vytvoření geodatabáze zásob druhotných surovin. Tato geodatabáze byla vytvořena za pomoci dat ze SLDB 2011 a doplňující informace byly získány terénním šetřením. V práci je vyčísleno, kolik vzniká na území Plzeňského kraje stavebního a demoličního odpadu a kraj je porovnán s jinými kraji České republiky. Je vypracován prostorový přehled společností vyrábějící recyklovaný beton a je shrnuta problematika jeho výroby. Na závěr se tato práce pokusí ověřit možnost vypracování geodatabáze odhadovaných zásob určitých druhotných surovin pro menší modelové území v Plzni.

Abstract

Bureš, J. (2023). *Potential use of recycled materials in the building industry in the Pilsen region* (Master's Thesis). University of West Bohemia, Faculty of Economics, Czech Republic.

Key words: circular economy, building industry, secondary materials, geodatabase

This thesis provides an insight into the principles of the circular economy and why the transition to this model is important. The author of the thesis worked with foreign and Czech sources, from which he developed literature research. To achieve the goals, author used documents at the regional level, used information obtained on the basis of telephone interviews with actors in the building industry, and attempted to create a geodatabase of secondary materials stocks. This geodatabase was created using data from the Census of population, houses and apartments 2011 and additional information was obtained through field surveys. The thesis calculates how much construction and demolition waste is generated in the Pilsen region and compares the region with other regions of the Czech Republic. A spatial overview of companies producing recycled concrete is drawn up and the issue of its production is summarized. Finally, this thesis tries to verify the possibility of developing a geodatabase of estimated stocks of certain secondary materials for a smaller model area in Pilsen.